



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

**PERSPECTIVA DEL CULTIVO DE CEBADA MALTERA PARA
LAS MICROCERVECERÍAS EN MÉXICO**

TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
QUÍMICA DE ALIMENTOS**

PRESENTA

KARLA EVELIA CHACÓN MOSQUEDA

DIRECTOR DEL TRABAJO MONOGRÁFICO DE ACTUALIZACIÓN

QFB. AGUSTÍN REYO HERRERA



Ciudad Universitaria, CD.MX., 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

JURADO ASIGNADO:

PRESIDENTE: Profesor: Agustín Reyo Herrera
VOCAL: Profesor: Karla Mercedes Díaz Gutiérrez
SECRETARIO: Profesor: Arturo Enriquez Peña
1er. SUPLENTE: Profesora: Ana Laura Ocampo Hurtado
2° SUPLENTE: Profesora: Carlos Alberto Almanza Rodríguez

SITIO DONDE SE DESARROLLÓ EL TEMA:

CIUDAD DE MÉXICO.

ASESOR DEL TEMA: AGUSTÍN REYO HERRERA



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Agustín Reyo', written over a horizontal line.

SUSTENTANTE: KARLA EVELIA CHACÓN MOSQUEDA



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'K. Chacón Mosqueda', written over a horizontal line.

TABLA DE CONTENIDO

Abreviaturas, Siglas y Unidades.....	1
Introducción.....	5
Antecedentes	7
Justificación.....	9
Objetivo General	9
Capítulo1. El cultivo de la cebada en México	10
1.1 El grano de cebada.....	11
1.2 Variedades de cebada	17
1.3 Comercialización del grano de cebada	20
1.4 Datos Estadísticos	23
1.5 Aspectos nutricionales y beneficios de la cebada a la salud	27
1.6 Programas federales para el desarrollo del campo.....	32
Capítulo 2. Norma Mexicana NMX-FF-043-SCFI-2003.....	36
Capítulo 3. Historia de la cerveza.....	56
3.1 La cerveza en la edad antigua	56
3.2 La cerveza en la edad media	59
3.3 La cerveza en la edad moderna y contemporánea	62
3.3.1 La cerveza en los E.U.A.....	63
3.3.2 La cerveza en la Nueva España	65
Capítulo 4. La cerveza artesanal.....	68
4.1 Origen	68
4.2 Definición	69
4.3 La cerveza artesanal en México	70
4.4 Malta	74
4.5 Cervezas colaborativas.....	78
4.6 Posición de México en el mercado cervecero.....	79
Capítulo 5. Norma Oficial Mexicana para la industria cervecera.....	83
Capítulo 6. Control de Calidad en la Malta	85
Conclusiones.....	99
Bibliografía	103
Índice de Gráficas	110
Índice de Ilustraciones.....	111
Índice de Tablas.....	117

ABREVIATURAS, SIGLAS Y UNIDADES

Abreviatura, Sigla/Significado

2H	dos hileras
6H	seis hileras
α	alfa
β	beta
a.C.	antes de Cristo
ABI	Anheuser-Busch InBev
ACERMEX	Asociación de Cerveceros Artesanales de México
ADA	American Dietetic Association (Asociación Dietética Americana)
AIT	Asociación Internacional Trapense
ASBC	American Society of Brewing Chemists (Sociedad Americana de Químicos Cerveceros)
ASERCA	Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios
BA	Brewers Association (Asociación de Cerveceros). Asociación americana para cerveceros artesanales pequeños e independientes
CAMRA	Campaign for Real Ale (Campaña por una Ale de verdad)
CNC	Confederación Nacional Campesina
COFECE	Comisión Federal de Competencia Económica
COFUPRO	Cordinadora Nacional de las Fundaciones Produce A.C.
DOF	Diario Oficial de la Federación
EBC	European Brewery Convention (Convención de Cervecería Europea)
FAO	Food and Agriculture Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura)
FAOSTAT	Base de Datos de la FAO
FDA	Food and Drug Administration. Es la agencia del gobierno de los Estados Unidos de América responsable de la regulación de alimentos

(tanto para personas como para animales), medicamentos (humanos y veterinarios)
cosméticos, aparatos médicos (humanos y animales), productos biológicos y derivados sanguíneos

FF	Productos alimenticios no industrializados para uso humano
FIRA	Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura
FND	Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero
IASA	Impulsora Agrícola, S.A. de C.V.
ICAMEX	Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México
IEPS	Impuesto Especial sobre Producción y Servicios
IG	Índice Glucémico
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias
IOB (cerveza)	British Institute of Brewing (Instituto Británico de elaboración de cerveza)
IVA	Impuesto al Valor Agregado
LDL	Low Density Lipoprotein (lipoproteína de baja densidad)
NMX	Norma Mexicana
NOM	Norma Oficial Mexicana
SSA	Secretaría de Salud
OI	Otoño-Invierno
PROFECO	Procuraduría Federal del Consumidor
PV	Primavera-Verano
SADER	Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SAT	Servicio de Administración Tributaria
SCFI	Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
SNICS	Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas
UERA	Unidad Económica Rural Agrícola
UNESCO	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura)
USDA	United States Department of Agriculture (Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América)

Unidades

%Alc. Vol.	Contenido de alcohol [por ciento de alcohol en volumen a 293 K (20 °C)]
°C	Grados Celsius
cP	centipoise
cm	centímetro
g	gramo
hl	hectolitro
in	inch (pulgada en inglés)
kcal	kilocaloría
kg	kilogramo
K	Kelvin
l	litro
°L	Grado Lintner
°L	Grados Lovibond
µg	microgramo
m	metro
mg	miligramo
min	minuto
ml	mililitro
mm	milímetro

msnm	metros sobre nivel del mar
nm	nanómetros
pH	potencial de hidrógeno
SRM	Standard Reference Method (método estándar de referencia)
t	tonelada
UD	Unidades Dextrinizantes
UI	Unidades Internacionales
°WK	Grado Windisch Kolbach

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la Industria Cervecera en nuestro país ha sido consistente y esto se refleja en que desde el 2010 México es el principal exportador de cerveza a nivel mundial. En el período comprendido de los años 2010-2018, el volumen de producción de cerveza a nivel nacional aumentó de 79.9 millones a 119.8 millones de hectolitros. En 2018 el volumen de cerveza exportado alcanzó los 39.5 millones de hectolitros, 19.3% más que en 2017. La exportación de cerveza representa el 25% de las exportaciones agroindustriales de México. En 2018 el consumo nacional de cerveza fue de 83 millones de hectolitros situación que coloca a México como el sexto consumidor de cerveza en el mundo. Una de las consecuencias del crecimiento de esta industria a nivel mundial es que el sabor y características de las cervezas han cambiado y, como respuesta a esta situación, tanto en México como en otros países, ha surgido un movimiento que cada día toma más fuerza: la cerveza artesanal. La producción de cerveza artesanal en México no solo se resume en la aparición de un nuevo producto en el mercado. Se trata de todo un movimiento el cual tiene como objetivo principal el llegar a consolidarse en una cultura. En principio, los productores de cerveza artesanal o microcerveceros no buscan ni pretenden producir a gran escala, puesto que por definición, un cervecero artesanal debe de producir un volumen menor a 650 000 hl anuales. Por esta razón no se consideran una competencia directa de los grandes grupos cerveceros en el país pues su participación en la producción nacional de cerveza es muy pequeña (menos del 0.1%). Al mismo tiempo, otra de las consecuencias derivadas del auge se ve reflejada en otras etapas de la cadena productiva al promover el crecimiento de otros sectores relacionados como por ejemplo, el sector agrícola. Sin embargo, a pesar que el segmento de mercado de la cerveza artesanal es diferente al de la cerveza industrial, para su producción se requieren los mismos insumos, siendo la malta el más costoso por lo escaso. Hasta hace muy poco tiempo, la malta producida en el país pertenecía al duopolio cervecero, razón por la cual los microcerveceros se veían obligados a comprar malta de importación o bien como concentrados, situación que aumentaba los costos de producción. En virtud de poder satisfacer la demanda de materias primas de la Industria de Cerveza Artesanal, actualmente ya opera la

maltería Central Altiplano, que es la primera maltería para cerveceros artesanales en el país.

ANTECEDENTES

La proyección internacional que ha alcanzado la Industria Cervecera en México ha sido un aliciente para el nacimiento y crecimiento de la cerveza artesanal en nuestro país. Un logro de gran trascendencia es que en el año 2016 en nuestro país se logró superar como productor de cerveza a un país con una tradición milenaria y ancestral en la producción de cerveza en el mundo: Alemania.

El país con mayor número de cervecerías artesanales en el mundo es Estados Unidos de América y es precisamente ese sector que ha puesto gran interés en el repunte de la Industria de Cerveza Artesanal en nuestro país. Prueba de ello es el financiamiento que otorgó a través de su Departamento de Agricultura (USDA) para que se llevase a cabo el proyecto en el que dos microcervecerías, una mexicana y otra estadounidense, trabajaran en conjunto en el desarrollo de una cerveza artesanal. El lema del proyecto fue: “la buena cerveza no conoce fronteras”. Las microcervecerías mexicanas que participaron fueron “CruCru”, “Los Muertos”, “Fauna”, “Colima”, “La Chingonería”, “Morenos”, “Albur” y “Loba”. Teniendo como objetivos difundir la cultura de la cerveza artesanal acercándola al público en general, comunicar la gran diversidad que existe de cervezas artesanales mexicanas, posicionar la idea de artesanal independiente como estandarte de compra y consumo e incrementar el número de consumidores. La Industria de Cerveza Artesanal en México ha iniciado su etapa de expansión de mercados pues alrededor de unas 30 microcervecerías han logrado incursionar en el mercado internacional. Lo anterior deja ver el hecho de que la Industria de Cerveza Artesanal en México se encuentra en un período de prosperidad y apogeo.

Prueba de que la cerveza artesanal mexicana ya empieza a ser reconocida en el ámbito internacional, es que en 2018 en la doceava edición del Mundial de la Industria Cervecera (*World Beer Cup*) que organiza la *Brewers Association* (que es el principal promotor de la cerveza artesanal en E.U.A.) México obtuvo tres medallas de bronce.

Por otro lado, cabe destacar que en 2018 en nuestro país se inició la producción de cerveza monástica (cerveza elaborada por monjes), siendo dos abadías las que actualmente elaboran este producto. Una de sus características es rescatar escuelas

tradicionales europeas como la belga y la alemana. Paralelamente, tanto Brasil como Argentina también han iniciado la producción de cerveza monástica.

Con el establecimiento de la primera maltería para cerveceros artesanales en el país se logra un bien común, pues no solo se busca disminuir la necesidad de importar malta, sino que también es una gran oportunidad para impulsar la producción nacional de cebada así como promover líneas de investigación para el mejoramiento de variedades de cebada y, como resultado, se obtiene un impacto positivo en la economía nacional.

JUSTIFICACIÓN

A pesar que ya inició el establecimiento de malterías independientes en nuestro país, aún no se logra satisfacer la demanda de malta de los cerveceros artesanales y la gran mayoría de estos siguen importando esta materia prima. En aras de promover e incentivar la cadena de suministro de la cerveza artesanal en nuestro país, se puede mencionar que la desaparición de Impulsora Agrícola, S.A. de C.V. (promotor entre en el campo y la Industria Cervecera) y la apertura de la primera maltería para las microcervecerías son acontecimientos de gran relevancia pues nos demuestran que la producción de cerveza artesanal en el país ha pasado de ser una afición o pasatiempo a ser una industria sumamente prometedora.

Sirva el presente trabajo para ofrecer un panorama del estado actual de la cerveza artesanal en México.

OBJETIVO GENERAL

Generar un documento con actualizado y de referencia para los interesados en la elaboración de cerveza artesanal; enfocado en los tipos de análisis tanto para las cebadas como para las maltas de tal forma que les permitan asegurar la calidad y consistencia del producto final.

CAPÍTULO 1. EL CULTIVO DE LA CEBADA EN MÉXICO

La cebada fue introducida a México durante el siglo XVI por agricultores españoles. La primera variedad sembrada era de origen español denominada “Criollo”¹. La región donde se sembró por primera vez fue en los Valles Altos de México, que comprende parte de Morelos, Puebla, Tlaxcala, Hidalgo y México.

El desarrollo de cebadas malteras en México se inició con el establecimiento de la primera fábrica de malta en 1906. Esta maltería tenía por nombre “Fábrica de Malta, S.A.” Las primeras semillas importadas fueron de las variedades “Moravia” y “Hungria”.

Después de varias décadas de pruebas con diferentes variedades de cebada de importación, se logró la creación de un programa de investigación y desarrollo más completo en el que participó la Fundación Rockefeller y fue hasta 1954 que se firmó el primer convenio entre la Industria Maltera, Secretaría de Agricultura y Fundación Rockefeller. El fruto de este convenio fue la obtención de la primera variedad de cebada maltera mexicana: la variedad “Toluca”. La variedad “Toluca” tuvo su origen de un lote de semillas traídas de Canadá. Es de destacar la participación del Ing. Felipe Suberbie Mendiola como uno de los principales precursores en el desarrollo e investigación de cebadas malteras en nuestro país.⁶⁸

La cebada es un cultivo de ciclo vegetativo corto que resiste la sequía y tolera bajas temperaturas, así como también altos niveles de salinidad. Su importancia social y económica se basa en la preferencia que tienen los agricultores por este cultivo debido a que, gracias a su precocidad, se pueden asegurar dos cosechas al año. Todas las cebadas cultivadas a nivel comercial se clasifican dentro del género *Hordeum*, de la familia de las gramíneas. Las cebadas que se cultivan en México pertenecen a las especies *Hordeum vulgare* L. (de seis hileras) y *Hordeum distichum* L. de dos hileras.²

1.1 EL GRANO DE CEBADA

Todas las variedades de cebada presentan tallos huecos en forma de caña. Al final del tallo se produce la espiga. El eje de las espigas se llama raquis. La espiga está formada por espiguillas, las cuales están agrupadas de tres en tres y se encuentran a ambos lados del raquis en forma alterna. En cada nudo del raquis hay tres espiguillas y una flor en cada espiguilla. Cuando de las tres espiguillas solo es fértil la flor central, se originará una espiga de dos hileras, en tanto que si las tres flores de cada espiguilla resultan fértiles se originará una espiga de seis hileras.³

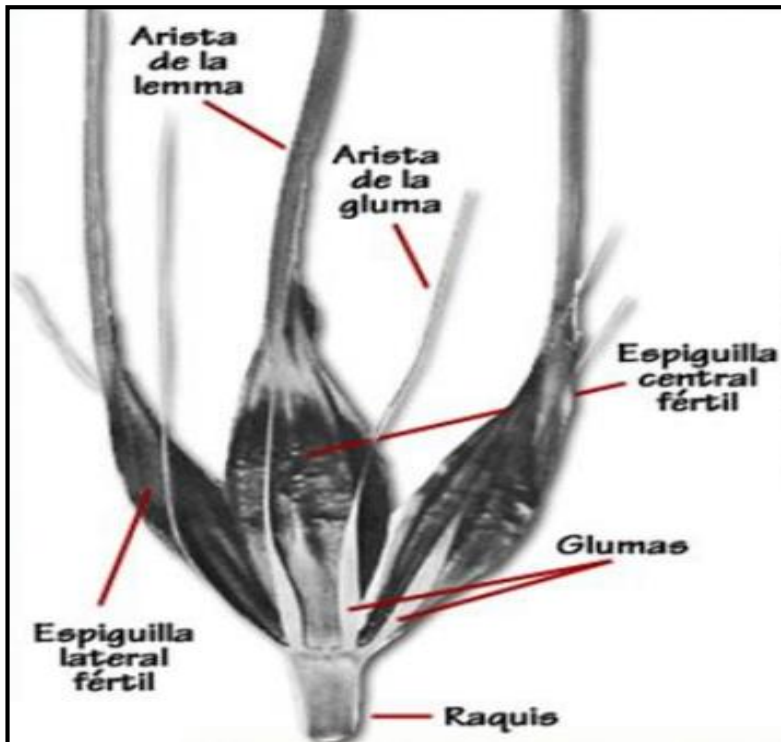


Figura 1. Nudo del raquis de cebada de seis hileras.

En la Tabla 1 se mencionan las principales ventajas y desventajas que presentan tanto las cebadas de dos hileras como las de seis hileras.

Tabla 1. Comparación entre los tipos de cebada

CEBADA 2H		CEBADA 6H	
Ventajas	Desventajas	Ventajas	Desventajas
<p>Normalmente la cebada 2H contiene menos proteína. Esto beneficia al cervecero ya que niveles altos de proteína pueden causar problemas en la maceración así como turbidez en la cerveza.</p> <p>El grano es más grande y uniforme. Esto ayuda tanto al maltero como al cervecero. La maltera se ve beneficiada ya que los granos uniformes ayudan a una germinación más pareja y un mejor resultado a lo largo del proceso. El cervecero asegura una molienda consistente.</p> <p>Aporta mayor cantidad de azúcares fermentables.</p>	<p>Tiene un costo más alto que el de la cebada 6H.</p> <p>Actualmente en México ya no se cultivan cebadas 2H. En los años 60's se liberó la variedad "Chevalier", en los 80's "Guanajuato" y la última variedad en liberarse fue "Gabyota" en los 90's.</p>	<p>Tiene alto poder diastásico.</p> <p>Tiene un costo menor a la cebada 2H.</p>	<p>Niveles altos de proteína.</p> <p>Menos azúcares fermentables.</p> <p>Granos menos uniformes (problemas en la molienda).</p>

El raquis de la espiga de cebada de seis hileras mide 7 a 10 cm de longitud posee 15 nudos y 50 granos aproximadamente y el de la cebada de dos hileras mide 5 a 10 cm 16 nudos y 27 granos. En las cebadas de dos hileras o cebadas 2H la espiga solo produce 2 hileras de semillas (una de cada lado); mientras que en las cebadas de seis hileras o cebadas 6H la espiga produce 3 semillas de cada lado (6 en total).⁴ Ver la Figura 2.

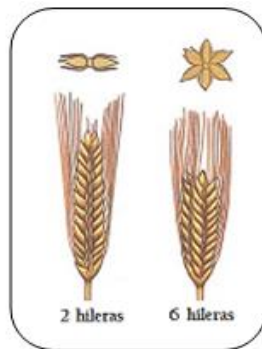


Figura 2. Espigas de cebada

La cáscara es la primera capa que protege al grano y está constituida por celulosa, hemicelulosa y lignina. Se forma durante el desarrollo del grano y comprende la palea que lo cubre y la lema que lo envuelve. La cáscara tiene como función tanto proteger al grano de como la de asegurar una buena absorción del agua. La barba es la prolongación o punta de la lema. Las glumas son extensiones de eje de la espiguilla. El pericarpio y testa son capas semipermeables que se encuentran debajo de la cascarilla y contienen principalmente lípidos. La aleurona en la cebada comprende tres capas de células, en las cuales se inicia la síntesis de la mayor parte de las enzimas del grano por la estimulación de las giberelinas. Presenta coloración azul o blanca. El endospermo se localiza debajo de las capas de aleurona y es la reserva alimenticia del grano y está formado por almidón. El almidón se encuentra en forma de gránulos insolubles en agua fría. El germen o embrión contiene una elevada cantidad de proteína, grasa y ácidos nucleicos y produce giberelinas que estimulan la síntesis de las enzimas. Cuando el embrión se hidrata libera giberelinas que es una fitohormona y se difunde hacia el endospermo a través del escutelo. Estas llegan a las células de la aleurona para que se produzcan las enzimas

hidrolíticas. La glucosa producida por la hidrólisis del almidón del endospermo llega al embrión. Es aquí donde inicia la germinación, con el desarrollo de las raicillas y la plúmula². En la Figura 3 se muestra la conformación del grano de cebada.

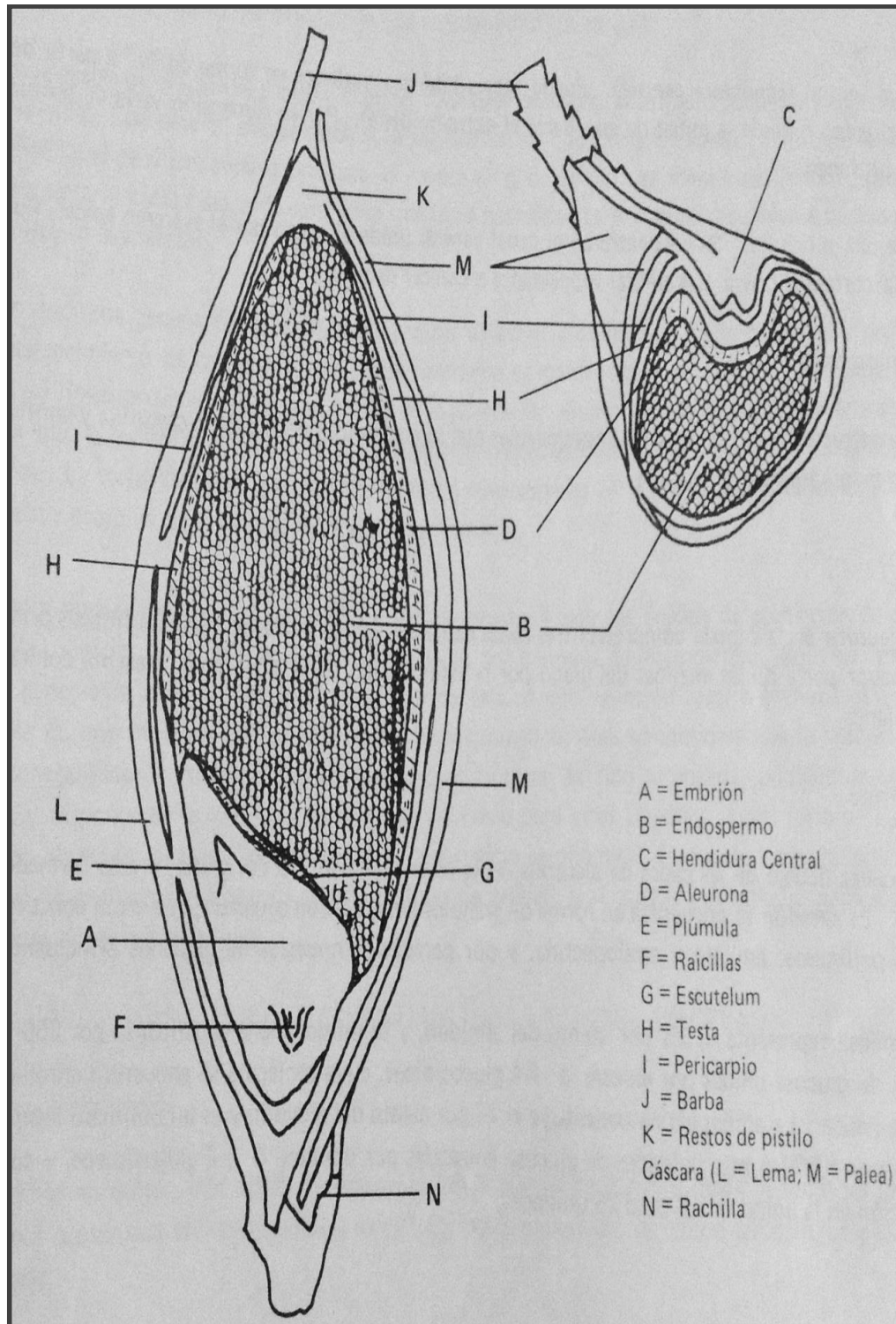


Figura 3. Estructura del grano de cebada²

La planta de cebada suele tener un color verde más claro que el del trigo. Es poco exigente en cuanto al clima; gracias a ello su cultivo se encuentra muy extendido. Crece mejor en climas frescos y moderadamente secos. Requiere poca acumulación de calor para madurar, y por ello puede sembrarse bien a diferentes altitudes y zonas geográficas. Está adaptada a muchas condiciones ambientales. En las zonas templadas y frías alcanza entre 70 cm hasta más de 1m de altura.

Características geográficas adecuadas para la producción de cebada

Altitud 1,800 a 3,000 msnm	Lluvia 400 a 600 mm	Temperatura 3 a 30°C	Edafología Suelos profundos, pedregosos y bien drenados, pH 6.0-8.5
---	----------------------------------	--------------------------------	---

Fuente: Atlas Agroalimentario SAGARPA 2018⁽⁵⁾

En México, la producción de cebada se desarrolla en la zona centro del país principalmente en los estados de Hidalgo, Tlaxcala, México, Guanajuato, Puebla, Zacatecas, Michoacán de Ocampo y Querétaro lo cual implica casi el 90% del total de la producción nacional. Cabe mencionar que durante el ciclo de primavera-verano, se produce el 75% del total, siendo aproximadamente el 99% de temporal. En el ciclo otoño-invierno, se produce el 25% restante, del cual, alrededor del 95% es bajo condiciones de riego.

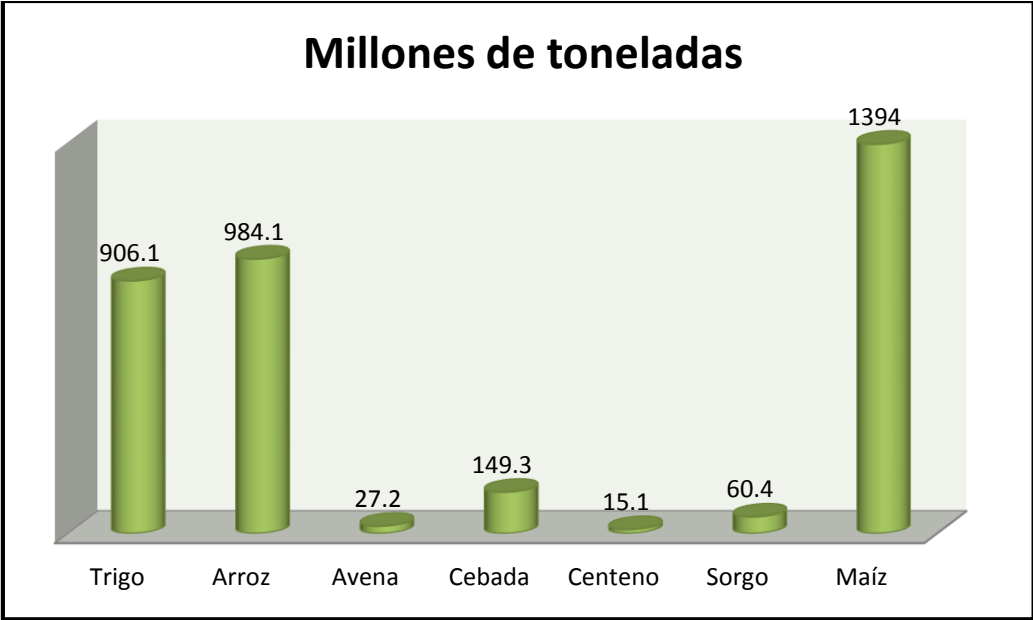
Tabla 2. Calendario agrícola para la producción de cebada en México

Ciclo agrícola y actividad	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov
Otoño-Invierno													
Siembra	S. Otoño-Invierno												
Cosecha					C. Otoño-Invierno								
Primavera-Verano													
Siembra						S. Primavera-Verano							
Cosecha										C. Primavera-Verano			

Fuente: COFUPRO 2003⁽⁶⁾

La cebada es uno de los cultivos que ofrece una mejor alternativa de producción debido a que su ciclo de cultivo tiene una duración entre 90 a 120 días. Es por esta razón que se le considera como cultivo de ciclo corto lo cual permite producir cuando no es posible lograrlo con especies como maíz y trigo. Este cereal puede ser utilizado con varios propósitos: para alimentación humana, como forraje para alimentación animal y para la producción de malta en la Industria Cervecera. La cebada ocupa el cuarto lugar de los cereales más cultivados en el mundo. En México, su cultivo se realiza básicamente para la producción de grano con calidad para malta, utilizando variedades de seis hileras. En la siguiente gráfica se observa que el cultivo de cebada es el cuarto más importante a nivel mundial.

Gráfica 1. Producción mundial de cereales en 2017



Fuente: FAO STAT⁽⁷⁾

1.2 VARIEDADES DE CEBADA

Actualmente estas son las variedades de cebada que se siembran en México. La cosecha de la cebada se puede clasificar de 2 formas:

- a) Por modalidad hídrica.
- b) Por ciclo productivo.

Cabe mencionar que estas seis variedades de cebada son cebadas 6H.¹

La siguiente tabla muestra las variedades de cebada que se siembran en los diferentes ciclos productivos.

Tabla 3. Clasificación de la cosecha de cebada

MODALIDAD HÍDRICA			CICLO PRODUCTIVO	
	Temporal	Riego	Primavera-Verano (PV)	Otoño-Invierno (OI)
Variedades De Cebada	Doña Josefa Esmeralda Adabella	Esperanza Alina Armida	Doña Josefa Esmeralda Adabella	Esperanza Alina Armida

En Rancho Cermo (Zacatecas) perteneciente a Grupo Modelo, se realizan pruebas para estudiar el comportamiento de cebadas extranjeras. Por ejemplo, han sembrado la cebada *AC Metcalfe* (2H) que es una variedad de cebada canadiense para hacer pruebas a nivel maltería y cervecería. Asimismo, en Rancho Cermo trabaja el Dr. Marcial Ortiz Valdez que tiene como línea de investigación el mejoramiento de variedades de cebada maltera. El Dr. Ortiz no limita sus pruebas a la zona de Zacatecas, también trabaja en el Altiplano y en el Bajío, específicamente en Guanajuato. No solo se busca mejorar las características de la cebada, sino también aumentar el nivel de producción de la misma en el país de tal forma que se logre cubrir en su totalidad el requerimiento de la Industria Cervecera de cereal y, de esta forma, disminuir las importaciones del mismo.

Grupo Modelo también trabaja con la variedad de cebada *ABI Voyager* (2H) que es una cebada estadounidense.⁸

En el ciclo productivo OI 2016-2017 se inició la comercialización de 3 variedades de cebada francesas: *Brennus*, *Explorer* y *Prunella*. Estas 3 variedades de cebada son cebadas 2H.

En el Instituto de Investigación y Capacitación Agropecuaria, Acuícola y Forestal del Estado de México o ICAMEX se desarrolló la última variedad de cebada maltera de temporal. Esta variedad fue la “Doña Josefa”. Dicha cebada se liberó en el 2010.

La variedad “Doña Josefa” presentó grandes mejoras en comparación con la variedad “Esmeralda” considerando que “Doña Josefa” presentó un rendimiento mayor (una tonelada más por hectárea). Cabe mencionar que el aumento se presenta en siembra de temporal, pues en siembra de riego es similar.⁹

Otra de las características sobresalientes de la variedad “Doña Josefa” es que en pruebas de maltería, el Porciento de Extracto obtenido es mayor comparado con la variedad “Esmeralda”. El Porciento de Extracto representa la cantidad de sólidos solubles que pasan del grano malteado al líquido de cocimiento, y es el factor que mayor importancia tiene en el rendimiento industrial.

La variedad “Adabella” (temporal) fue liberada por el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias o INIFAP en el 2004; mientras que “Alina” y “Armida” (ambas de riego) fueron liberadas también por el INIFAP en el 2006.¹

La variedad de la cebada también nos determina en qué ciclo productivo sembrar pues en el caso de la variedad “Doña Josefa” definitivamente es mejor tratarla como una cebada de temporal que de riego pues en temporal nos da mejores rendimientos. Otro de los factores a considerar en la siembra de la cebada es la fecha. Como ejemplo, en la siguiente tabla se expone el caso de la variedad “Esmeralda” bajo condiciones de temporal en el estado de Hidalgo.¹⁰

Tabla 4. Fechas de siembra para cebada Esmeralda

Ambiente de Producción	Fecha de Siembra
Muy buena productividad	1° mayo al 10 junio
Buena productividad	15 mayo al 15 junio
Mediana productividad	1° junio al 25 junio
Baja productividad	1° junio al 30 junio

La Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación o SAGARPA ha definido 5 regiones en el territorio nacional en las cuales se cultiva cebada. A continuación se muestran los mapas de dichas regiones.



Figura 4. La región 10 abarca zonas de los estados de Colima, Jalisco y Michoacán de Ocampo.



Figura 5. La Región 12 abarca zonas de los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Jalisco, Michoacán de Ocampo, Nayarit, San Luis Potosí y Zacatecas.



Figura 6. La región 13 abarca zonas de los estados de Ciudad de México, México, Guanajuato, Guerrero, Hidalgo, Michoacán de Ocampo, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz de Ignacio de la Llave.

REGIÓN 14 (PV)

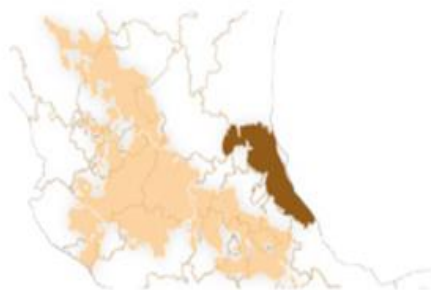


Figura 7. La Región 14 abarca zonas de los estados de Hidalgo, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Veracruz de Ignacio de la Llave.

REGIÓN 16 (PV-OI)

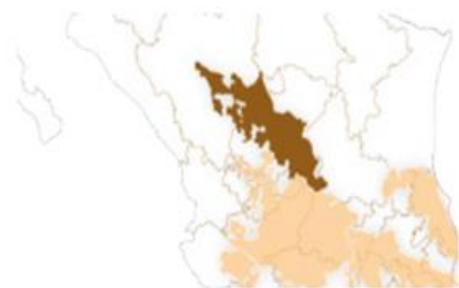


Figura 8. La Región 16 abarca zonas de los estados de Aguascalientes, Durango, San Luis Potosí y Zacatecas.

1.3 COMERCIALIZACIÓN DE GRANO DE CEBADA

Se tiene registro que en 1906 se establece la primera fábrica de malta en nuestro país. En consecuencia, este acontecimiento origina el inicio del desarrollo de la cebada maltera nacional. El gobierno mexicano de aquella época permitió a los dueños de esta nueva industria la importación de cebada maltera sin pago de impuestos, a cambio de fomentar el cultivo de cereal para su abasto en el país.

No obstante, hasta la década de los cuarenta la mayor parte de la cerveza producida en México se elaboró con malta importada. Durante la segunda guerra mundial las cervecerías se vieron imposibilitadas para importar la malta y empezaron a elaborarla a partir de la cebada disponible, que era de calidad forrajera.

A iniciativa de las principales industrias cerveceras de la época (Cuauhtémoc, Moctezuma y Modelo), en la década de 1950 se introdujeron semillas de cebada maltera importadas, principalmente de los Estados Unidos de América. Sin embargo, el resultado no fue el esperado debido en gran parte a que las variedades introducidas no se adaptaron a las condiciones agroclimáticas de México (se acamaban, desgranaban y eran tardías en su maduración). Cada cervecería promovía la siembra de estas variedades y competía con las otras en forma directa por la materia prima a través de sus respectivos distribuidores de cerveza en la región, incluso de sus propios compradores. Muchos distribuidores se convirtieron en comisionistas, intermediarios y acaparadores. Los industriales de la cerveza llegaron a la conclusión de que la competencia por la materia prima nacional les arrojaba más problemas que beneficios. Por ello, en el año de 1958 las tres mayores agroindustrias del ramo mencionadas anteriormente, fundaron la empresa IMPULSORA AGRÍCOLA, S.A. de C.V. o IASA.

La venta de la cebada maltera, se realizaba a través de contratos o acuerdos con IASA que actuaba como intermediario entre los productores y la empresa cervecería y otorgaba créditos con garantía prendaria y aval, para la semilla que ellos proporcionan al productor, fungicidas, fertilizantes, etc. con pago al momento de la entrega de la cosecha. IASA también acordaba con los productores para que produjera semilla para siembra que era suministrada a los productores de malta. A lo largo del ciclo de producción, los productores recibían eventualmente la visita de personal de IASA, quienes certificaban la calidad del cultivo, principalmente cuando se trataba de producción de semilla básica.

IASA inició sus actividades con el objetivo de promover el cultivo de cebada maltera, impulsar su tecnificación y adquirir la producción nacional. Impulsaba la investigación agrícola e industrial, a fin de tecnificar el cultivo y mejorar la productividad en el campo. Producía semillas de alta calidad de las categorías que satisfacían las normas de producción y los lineamientos del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas o SNICS. Proporcionaba diversos apoyos directos, como son el crédito en semilla y fungicida a cuenta de cosecha; también proporcionaba asistencia técnica, aunque demasiado extensiva, valiéndose para ello de trípticos

que describen el paquete tecnológico recomendado para cada zona de producción. En los casos de crédito en semilla y fungicida, a su valor le suma el costo financiero, en tanto que la “asistencia técnica” la proporcionaba de forma gratuita. Aseguraba la comercialización del grano a los productores mediante un contrato de compra-venta, a un precio que acordaban anualmente la SAGARPA, la Unión Nacional de Productores de Cebada A.C. y los industriales de la cerveza y malta. Contrataba bodegas para la recepción de la cosecha en diversas zonas, además de canalizar la producción del Altiplano Central a los centros de recepción de la industria maltera mexicana. Recibía la cosecha con base en la Norma Mexicana vigente para cebada con calidad maltera (NMX-FF-043-SCFI-2003). A través de sus jefaturas de zona, IASA, antes de la siembra, proporcionaba cupones de recepción y compra de la cosecha de cebada maltera a los productores dependiendo de la cantidad de semilla entregada para la siembra. Todo indicaba que el agricultor dependía totalmente de IASA pues solamente podían recibir de ella la semilla y los cupones para la entrega-recepción de otra manera, no encontraban mercado para su producto.¹¹

El 14 de enero de 2016 aparece en el Diario Oficial de la Federación o DOF un extracto del acuerdo por el que la autoridad investigadora de la Comisión Federal de Competencia Económica o COFECE inicia la investigación identificada bajo el número de expediente IEBC-001-2016, en el mercado de la producción, distribución y comercialización de semilla y grano de cebada maltera para la producción de cerveza con el fin de determinar la probable existencia de barreras a la competencia y libre concurrencia que puedan generar efectos anticompetitivos.¹²

Esta investigación de la COFECE, tenía como antecedente una acusación en el 2015 por parte del exlíder de Guanajuato de la Confederación Nacional Campesina o CNC Rigoberto Paredes Villagómez pues solicitó a la SAGARPA se regulara la actividad monopólica ejercida por IASA que había servido durante 58 años de prestanombres de la Industria Cervecera para obstaculizar el libre mercado de la cebada.¹³ La decisión que tomaron los dos grupos cerveceros del país Grupo Modelo, S.A.B. de C.V. (*AB InBev*) y Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma, S.A. de C.V. (*Heineken*) ante la investigación de la COFECE fue la de cerrar operaciones de la empresa IASA.

Asimismo, decidieron liberar las variedades vegetales de cebada maltera Doña Josefa, Adabella, Armida y Alina a partir del 15 de mayo de 2017.¹⁴

1.4 DATOS ESTADÍSTICOS

El cultivo de la cebada es muy versátil y por esta razón puede crecer en diversos climas. La producción mundial de cebada en 2017 fue de 149 301 578 toneladas. La Federación de Rusia fue el país que contribuyó en mayor proporción con un 13.8%; en tanto que México contribuyó con el 0.7% de la cantidad total de cebada producida.

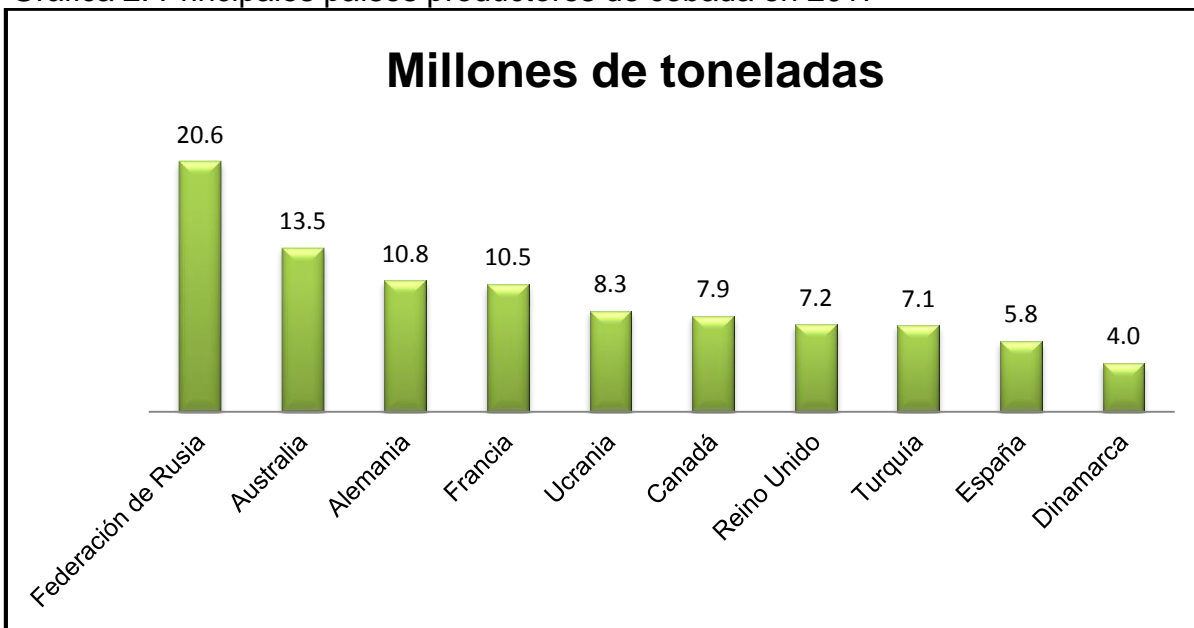


Figura 9. Bandera rusa
FEDERACIÓN DE RUSIA
1er productor mundial
20 598 807 toneladas



Figura 10. Bandera mexicana
MÉXICO
28° productor mundial
1 008 158 toneladas

Gráfica 2. Principales países productores de cebada en 2017

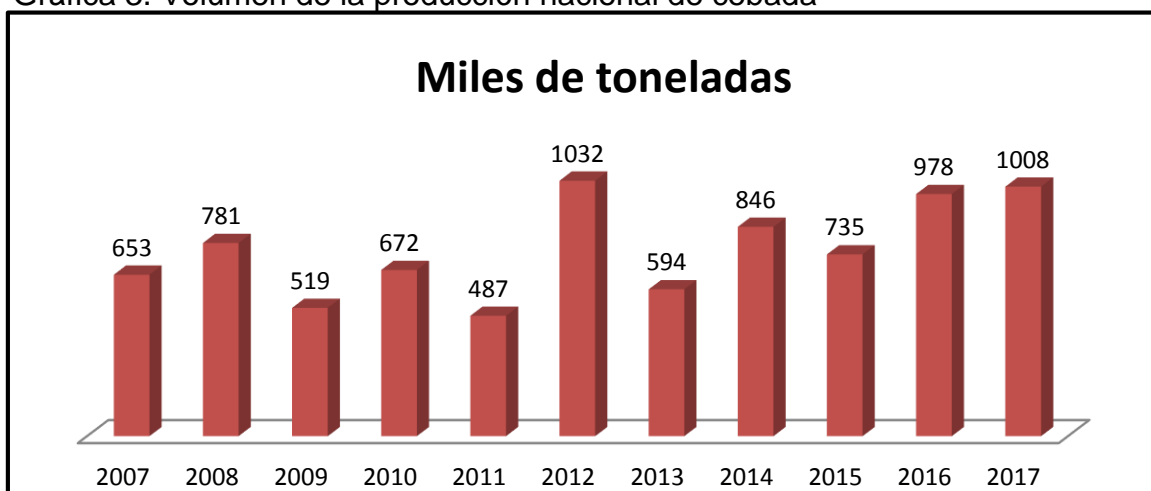


Fuente: FAOSTAT⁽⁷⁾

Como se puede apreciar en la gráfica anterior (Gráfica 2), la mayoría de los países con mayor porcentaje de contribución a la producción de cebada mundial se encuentran en Europa.

Entre los factores que influyen en el volumen de la producción nacional de cebada podemos considerar a los eventos climáticos dado que la agricultura es un sector particularmente sensible al clima. Otro factor es la variación de los precios agrícolas en el mercado internacional. Se podrían considerar estos aspectos como los principales responsables de las fluctuaciones en el volumen de cebada producida en el país.

Gráfica 3. Volumen de la producción nacional de cebada



Fuente: Atlas Agroalimentario SAGARPA 2018⁽⁵⁾

En la Tabla 5 se pueden observar los dos períodos de mayor producción de cebada que corresponden a la cosecha de riego (abril y mayo) y la cosecha de cebada de temporal (octubre a diciembre).

Tabla 5. Producción mensual nacional (%) en 2017 de cebada

3.1	0.5	0.1	11.5	19.4	3.7	0.2	0.1	1.1	14.4	35.0	10.9
Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre

Ciclo OI

Ciclo PV

Fuente: Atlas Agroalimentario SAGARPA 2018⁽⁵⁾

La participación a nivel nacional de la cebada en la producción de agroindustriales en el 2017 fue del 1.6%, siendo los estados de Guanajuato e Hidalgo los principales productores de cebada.

Tabla 6. Principales Entidades productoras de Cebada en 2017

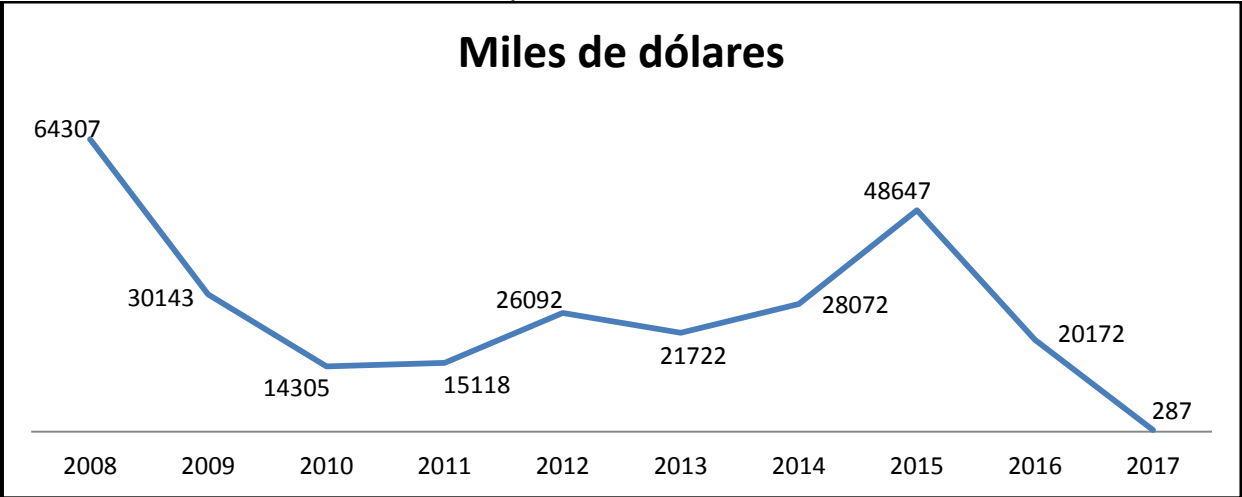
Posición	Entidad Federativa	Volumen (Toneladas)
	Total nacional	1 008 158
1	Guanajuato	369 177
2	Hidalgo	240 283
3	Tlaxcala	87 352
4	Puebla	84 615
5	México	50 836
6	Zacatecas	49 224
7	Querétaro	40 344
8	Durango	35 025
9	Michoacán de Ocampo	25 522
10	Jalisco	12 680
	Resto	13 101

Fuente: Atlas Agroalimentario SAGARPA 2018⁽⁵⁾

En 2014 *AB InBev* y la empresa *Syngenta Agro*, S.A. de C.V., dedicada a la investigación genética y biotecnológica de semillas y pesticidas, firmaron un acuerdo de colaboración en Bélgica para que los productores tuvieran acceso a las mejores variedades de cebada. La principal línea de investigación de acuerdo es desarrollar variedades de cebada y que sean adaptadas a México. Cabe destacar que Grupo Modelo cuenta con más de 250 parcelas ubicadas en las tres zonas de producción: al norte del país en Zacatecas, Durango y San Luis Potosí; en el Bajío, principalmente en Guanajuato, y en el Altiplano, en Tlaxcala, Puebla, México e Hidalgo. Es en estas parcelas donde realizan las pruebas experimentales.¹⁵ Adicionalmente, Grupo Modelo anunció que ha desarrollado programas para la tecnificación del campo mexicano dentro de los cuales está considerado el brindar asesoría técnica a los productores de varios estados del país, con quienes se comparten conocimientos, mejores prácticas y técnicas agrícolas de campos de cebada alrededor del mundo, a fin de mejorar sus cosechas. Por otra parte, Grupo Modelo señaló que entre los principales beneficios de los programas para la

tecnificación de campo en zonas agrícolas se encuentran el financiamiento para la compra de sembradoras (que se entregan a los productores con programas de pago sin intereses), y la adquisición de trilladoras que han sido puestas al servicio de los productores.¹⁶ Como resultado de estas acciones entre los años 2016 y 2017 la producción nacional de cebada aumentó un 3% y, en consecuencia, disminuyó el nivel de importación del cereal tal y como se muestra en la siguiente gráfica.

Gráfica 4. Evolución del valor de importaciones de cebada en México



Fuente: Atlas Agroalimentario SAGARPA 2018⁽⁵⁾

1.5 ASPECTOS NUTRICIONALES Y BENEFICIOS DE LA CEBADA A LA SALUD

La caza y la recolección fueron actividades determinantes para los primeros pobladores pues de ellas conseguían sus alimentos. Entre las primeras cosechas que se sembraron figuran los cereales. El desarrollo de las antiguas civilizaciones se debe en parte a sus habilidades para producir, almacenar y distribuir estos cereales. Por ejemplo, en América, el maíz se sembraba antes de la llegada de los europeos. El arroz se cultivaba en las grandes civilizaciones asiáticas y en Etiopía y norte de África la cebada. En la actualidad existen países de Asia y África en que la cebada constituye el principal alimento. Los alimentos con un alto contenido de carbohidratos son de vital importancia ya que constituyen la base de la mayoría de las dietas, especialmente para los países en vías de desarrollo. Aunque la forma y el tamaño de las semillas pueden ser diferentes, todos los granos de cereales tienen una estructura y valor nutrimental similar. Para obtener una dieta balanceada, los cereales deben combinarse con alimentos ricos en proteínas, minerales y vitaminas A y C. En países en vías de desarrollo, la cebada se consume como papilla de preparación casera. Otros usos de la cebada es como complemento en alimentación animal y en la preparación de bebidas alcohólicas como cerveza y whisky.¹⁷ En las siguientes tablas se puede apreciar el aporte nutritivo que ofrece el consumo de cebada.

Tabla 7. Valor nutritivo de la cebada

CEBADA SIN CASCARILLA		
Nutriente	Unidad	Valor por 100 g
Proteína	g	12.48
Lípidos totales	g	2.30
Carbohidratos	g	73.48
Fibra total	g	17.3
Azúcares totales	g	0.80
Calcio	mg	33
Hierro	mg	3.60
Magnesio	mg	133
Fósforo	mg	264
Potasio	mg	452
Sodio	mg	12
Zinc	mg	2.77
Selenio	µg	37.7
Tiamina	mg	0.646
Riboflavina	mg	0.285
Niacina	mg	4.604
Vitamina B6	mg	0.318
Folato total	µg	19
Vitamina A	UI	22
Vitamina E	mg	0.57
Vitamina K	µg	2.2
Ácidos grasos saturados totales	g	0.482
Ácidos grasos monosaturados totales	g	0.295
Ácidos grasos polisaturados totales	g	1.108
Energía	kcal	354

Tabla 7a. Contenido de Aminoácidos esenciales en la cebada

AMINOÁCIDOS ESENCIALES EN CEBADA SIN CASCARILLA		
Aminoácido	Unidad	Valor por 100 g
Triptófano	g	0.208
Leucina	g	0.848
Isoleucina	g	0.456
Valina	g	0.612
Lisina	g	0.465
Treonina	g	0.424
Histidina	g	0.281
Metionina	g	0.240
Fenilalanina	g	0.700

Fuente: USDA Food Composition Data Bases 2019⁽¹⁸⁾

La cebada es un cereal consumido desde hace miles de años pero cuyas propiedades son desconocidas para la mayoría de las personas. Al escuchar cebada, automáticamente lo asociamos con cerveza o también como alimento para ganado, pero a continuación se mencionan algunos beneficios de consumir cebada.

- **Regulador gastrointestinal:** El consumo de cebada en grano e infusión regula el tránsito intestinal por su alto contenido en fibra.
- **Prevención de enfermedades cardiovasculares:** Por su alto contenido en fibra, evita la absorción de parte del colesterol que se consume en la dieta y atrapa sales biliares que se han usado en la digestión eliminándolas por las heces y reduciendo así el colesterol total de nuestro organismo. Su alto aporte de minerales potencia su efecto diurético ayudando a mantener los niveles correctos de la presión arterial.

- **Diabetes:** Su alto contenido en fibra y sus carbohidratos de absorción lenta, hacen que sean un alimento ideal para diabéticos al mantener estables los niveles de azúcar en sangre.
- **Prevención de piedras en la vesícula:** su fibra arrastra sales biliares que se eliminan por las heces y mantiene limpia la vesícula impidiendo que se formen piedras.
- **Remineralizante:** su alto y variado aporte de minerales hace que sea un alimento ideal para embarazo, lactancia, crecimiento, osteoporosis, anemia, fortalecer pelo y uñas.
- **Depresión, ansiedad e insomnio:** es el cereal que más triptófano contiene superando a otros granos como la quinoa. Solo el amaranto lo supera en aporte de triptófano. El triptófano es el precursor de la serotonina que se encuentra disminuido en estados de depresión y de la melatonina que es considerada la hormona del sueño.
- **Reguladores del sistema inmune:** por su alto contenido en minerales antioxidantes e inmunorreguladores como el zinc y el selenio.¹⁹

La cebada es de los cereales con mayor contenido en fibra. Los alimentos con alto contenido de fibra son recomendados para remediar el reflujo del tracto gastrointestinal, úlceras del duodeno y hemorroides. Asimismo, una ingesta alta de fibra mejora el sistema inmune. La cebada comparte con la avena la riqueza en Betaglucanos, que ha demostrado ser eficaz en la reducción del colesterol LDL (*low-density lipoprotein*), el colesterol total y triglicéridos. Se cree que el efecto de reducción del colesterol producido por la cebada se debe a la viscosidad causada por la presencia de betaglucanos que, a nivel intestinal, inhibe la absorción de lípidos y colesterol. Además los betaglucanos previenen la acumulación rápida de azúcares en la sangre después de comer.

De acuerdo con la Asociación Estadounidense de Diabetes o por sus siglas en inglés ADA, todos estos efectos en conjunto pueden ayudar a controlar o prevenir la diabetes tipo 2, que junto con la enfermedad coronaria, son causas importantes de problemas de salud pública en países desarrollados. Para aprovechar todas sus bondades, se recomienda consumir la cebada en grano o harina integral.

Germinando la cebada puedes intensificar sus propiedades. Se puede elaborar una bebida de cebada hirviéndola durante 30 min. Se cuele, se endulza y se puede beber fría.

En el 2006 la oficina estadounidense *Food and Drug Administration* o FDA confirmó que la inclusión de la cebada en una dieta saludable puede reducir el riesgo de enfermedades del corazón al bajar el colesterol LDL.²⁰

Como breviarío cultural, en el siglo XVI el pan de cebada fue el único alimento que se le tenía permitido consumir a los pobres de Inglaterra, mientras que el pan de trigo solo era accesible para la nobleza.

De igual modo, una ingesta alta de fibra mejora el sistema inmune. Asimismo, la cebada contiene grandes cantidades de aminoácidos esenciales (aquellos que el hombre no es capaz de sintetizar por lo que los debemos consumir en la dieta). La cebada es rica en vitaminas del grupo B que ayudan a la producción de glóbulos rojos en la sangre y a usar la energía proveniente de los alimentos.

Además de disminuir el nivel de colesterol, los betaglucanos contenidos en la cebada pueden disminuir el nivel de glucosa en humanos. Esto es posible a que el valor IG o índice glucémico de la cebada es de 40. La cebada tiene el índice glucémico más bajo de todos los granos alimenticios. El IG es un sistema de clasificación de los carbohidratos basado en su impacto inmediato sobre los niveles de glucosa. El IG es la respuesta en la glucosa sanguínea después de la ingestión de un alimento de prueba que contiene carbohidratos, el cual es comparado con un alimento de referencia que contiene carbohidratos. Típicamente es glucosa o pan blanco.

La cebada contiene fibra insoluble que ayuda a regular el buen funcionamiento del tracto digestivo, y también puede ayudar a incrementar la saciedad por lo que es útil para el control del peso y para mejorar la salud intestinal.²¹

El auge del consumo de cerveza en todo el mundo es el responsable de que su cultivo vaya en aumento.

1.6 PROGRAMAS FEDERALES PARA EL DESARROLLO DEL CAMPO

El Gobierno Federal a través de la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural o SADER ofrece diferentes programas teniendo como principales objetivos integrar las actividades del medio rural a las cadenas productivas del resto de la economía y estimular la colaboración de las organizaciones de productores con programas y proyectos propios.

El *Programa Fomento a la Agricultura* tiene por objetivo general impulsar el desarrollo sostenible de las Unidades Económicas Rurales Agrícolas o UERA de pequeños y medianos productores agrícolas, mediante incentivos que promuevan su capacidad productiva y económica, utilizando los recursos, suelo y agua, de manera sustentable y facilitando su integración a las cadenas productivas y comerciales.

Este programa se divide de la siguiente manera:

- Componente de Investigación, Innovación y Desarrollo Tecnológico Agrícola.
- Componente de Capitalización Productiva Agrícola.
- Componente Estrategias Integrales de Política Pública Agrícola.
- Componente de Mejoramiento Productivo de suelo y agua.
- Componente de Energías Renovables.
- Componente Activos Productivos y Agrologística.
- Componente Certificación y Normalización Agroalimentaria.
- Componente Fortalecimiento de la Cadena Productiva.
- Componente Riesgo Compartido.

El *Programa Producción para el Bienestar* tiene por objetivo ofrecer de manera sustentable todos los recursos e instrumentos así como garantizar el buen funcionamiento de programas gubernamentales disponibles, en acción coordinada con los sectores productivos, para producir más y mejor y fortalecer la economía rural con empleo y mayores ingresos.

El *Programa de Fertilizantes* tiene por objetivo aumentar la disponibilidad oportuna de fertilizantes químicos y biológicos para contribuir a mejorar la productividad agrícola en localidades de alto y muy alto grado de marginación.

El *Programa de Desarrollo Rural* tiene por objetivo incrementar de manera sostenible la productividad de las Unidades de Producción Familiar del medio rural, con el fin de contribuir a mejorar el ingreso de la población rural.

Este programa se divide de la siguiente manera:

- Componente Desarrollo de Capacidades, Extensión y Asesoría Rural.
- Componente Integración Económica de las Cadenas Productivas.
- Componente Fortalecimiento de las Unidades de Producción Familiar.
- Componente Investigación y Transferencia de Tecnología.

El *Programa de Concurrencia con las Entidades Federativas* busca contribuir al aumento de la productividad de las unidades de producción primaria del sector agropecuario, pesquero y acuícola en las Entidades Federativas.

Este programa se divide de la siguiente manera:

- Componente Infraestructura, Equipamiento, Maquinaria y Material Biológico.
- Componente Paquetes Tecnológicos Agrícolas, Pecuarios, de pesca y Acuícolas.
- Componente Capacidades Técnico-Productivas y Organizacionales.

El *Programa de Sanidad e Inocuidad Agroalimentaria* tiene por objetivo el mantener y mejorar el patrimonio fitozoosanitario y de inocuidad agroalimentaria, acuícola y pesquera en las zonas y regiones de los Estados Unidos Mexicanos, mediante la prevención y/o el combate de plagas y enfermedades que afectan la agricultura, ganadería, acuicultura y pesca, para proteger la producción con la consecuente mejoría en el bienestar de la ciudadanía mexicana.

Este programa se divide de la siguiente manera:

- Componente Vigilancia Epidemiológica, de Plagas y Enfermedades Cuarentenarias.

- Componente Inspección y Vigilancia Epidemiológica de Plagas y Enfermedades Reglamentadas no Cuarentenarias.
- Componente Campañas Fitozoosanitarias.
- Componente Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera.

Existe un Programa especial de energía para el campo en materia de energía eléctrica de uso agrícola. Este programa tiene como finalidad que los productores agrícolas sean beneficiarios de la *Cuota Energética* de energía eléctrica a tarifas de estímulos para incentivar los procesos primarios de las actividades agrícolas.²²

La Agencia de Servicios a la Comercialización y Desarrollo de Mercados Agropecuarios o ASERCA es un órgano administrativo desconcentrado de la SADER y tiene por objetivo procurar el correcto funcionamiento de los mercados agroalimentarios, así como la promoción de sus productos, considerando la entrega de apoyos y de servicios de información comercial que permitan a los beneficiarios de los programas, esquemas y servicios de apoyos tener certidumbre en los ingresos del productor y el incremento comercial de los productos agroalimentarios tanto en el mercado nacional como en el internacional.²³

La SADER, a través de los Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura o FIRA apoya al sector agropecuario en México mediante cuatro fideicomisos públicos que tienen el carácter de entidades de la Administración Pública Federal, en los que funge como fideicomitente la Secretaría de Hacienda y Crédito Público o SHCP y como fiduciario el Banco de México, cuyo fin es facilitar el acceso al crédito por medio de operaciones de crédito y descuento, así como el otorgamiento de garantías de crédito a proyectos relacionados con la agricultura, ganadería, avicultura, agroindustria, pesca y otras actividades afines que se realizan en el medio rural.

Los fideicomisos que integran FIRA son:

- 1.- Fondo de Garantía y Fomento para la Agricultura, Ganadería y Avicultura (FONDO).
- 2.- Fondo Especial para Financiamientos Agropecuarios (FEFA).
- 3.- Fondo Especial de Asistencia Técnica y Garantía para Créditos Agropecuarios (FEGA).

4.- Fondo de Garantía y Fomento para las Actividades Pesqueras (FOPESCA).

FIRA también otorga apoyos para actividades de capacitación empresarial, asistencia técnica, consultoría, transferencia de tecnología y fortalecimiento de competencias, con el fin de mejorar la competitividad de las empresas y productores del medio rural, así como de los Intermediarios Financieros.²⁴

Además de FIRA, existe la Financiera Nacional de Desarrollo Agropecuario, Rural, Forestal y Pesquero o FND que es organismo descentralizado de la Administración Pública Federal, que impulsa el desarrollo del medio rural a través de créditos accesibles para pequeños productores y a las micro, pequeñas y medianas empresas.

En marzo del 2018, la SAGARPA (delegación Michoacán de Ocampo) y el Banco Mundial formalizaron el proyecto de colaboración mediante el cual se apoyará a organizaciones de productores de granos con créditos de hasta 10 millones de pesos para que puedan almacenar sus cosechas.

Se busca apoyar entre 30 y 40 proyectos cada año durante el próximo lustro, y estos podrán ser de dos tipos:

- Modernización de infraestructura.
- Construcción de silos para almacenar granos.

Dichos préstamos se bajarán a través de FIRA y de FND, quienes apoyarán a los proyectos ganadores a aterrizar el presupuesto otorgado.²⁵

CAPÍTULO 2. 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.

A continuación se muestra un resumen de esta Norma Mexicana:

OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana establece las condiciones y características del grano de cebada maltera género *Hordeum* especies *vulgare* L. y *distichum* L. para poder ser objeto de comercialización en territorio nacional. Es decir, el precio final de la cebada será determinado por la aplicación de esta norma mexicana.

DEFINICIÓN DEL PRODUCTO

Se entiende por cebada maltera a las diferentes variedades de granos de seis y dos hileras pertenecientes a la familia de las gramíneas género *Hordeum* especies *vulgare* L. y *distichum* L., que por sus características físicas y químicas sean registradas por la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER) como aptas para la producción de malta.

Los análisis que se emplean para determinar la calidad del grano de cebada son:

- Humedad
- Grano de tamaño para uso maltero
- Granos desnudos y/o quebrados
- Impurezas
- Germinación
- Grano dañado
- Mezcla de otras variedades
- Peso hectolítrico
- Olor
- Residuos tóxicos
- Contaminantes o toxinas en alimentos

Una de las bondades de esta Norma Mexicana es que incentiva al productor de cebada a obtener grano de buena calidad pues dependiendo de esta, pueden obtener bonificaciones por su grano. Por ejemplo, la Norma marca que la cebada debe tener un máximo de 2,0% de Impurezas pero, si un productor cosechó su grano con 0,5% de Impurezas, este recibirá una bonificación de 15 kg/t. Caso contrario ocurre cuando el productor cosechó grano con más del 2,0% de Impurezas ya que, en este caso, el comprador aplicará una deducción. En el parámetro de impurezas la Norma establece el rango de 2,5% hasta 6,0% como máximo para poder aceptarla; siendo la deducción de 5kg/t hasta 40kg/t respectivamente.

Los parámetros que son susceptibles de recibir bonificaciones o deducciones son:

% Impurezas.

% Granos desnudos y/o quebrados.

% Humedad.

% Grano de tamaño para uso maltero.

MÉTODOS DE PRUEBA

Muestreo: Es la obtención de una porción representativa del material que se evalúa.

Las muestras obtenidas se clasifican en primaria, global y original representativa para el análisis.

Muestra primaria: Es la cantidad de grano que se obtiene reuniendo del calador en el lote.

Muestra global: Es la cantidad de grano que se obtiene reuniendo y mezclando las muestras primarias.

Muestra original representativa para el análisis: Es el grano que se obtiene por reducción de la muestra global y que es representativa de todo el lote. Esta cantidad debe ser suficiente para efectuar los análisis en el laboratorio.

EQUIPO Y MATERIALES PARA EL MUESTREO

- Caladores de 12 a 16 alveolos divididos y caladores neumáticos, para muestreo de granos a granel.



Figura 11. Ejemplos de Caladores



Figura 12. Muestreo con calador

- Sondas de profundidad mecánicas o neumáticas, que se utilizan en almacenamiento en bodegas y en silos a granel.
- Muestreadores cónicos de mano para granos encostalado.



Figura 13. Calador de mano

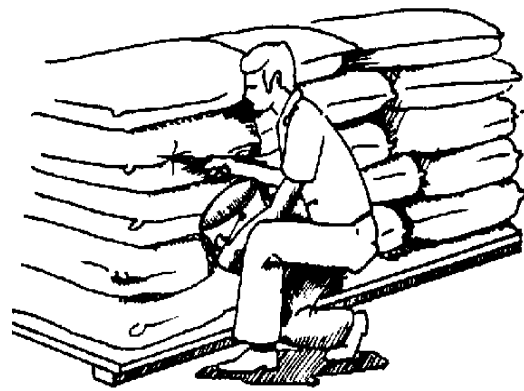


Figura 14. Muestreo manual

- Costales extendidos o mantas, ambos de 2m X 2m para recibir las muestras primarias.

- Homogeneizadores. Se utilizan para el mezclado y reducción de la muestra global, con el fin de obtener la muestra original representativa para análisis. Se sugiere un aparato homegeneizador divisor.



Figura 15. Homegeneizador y divisor Boerner

- Recipientes para muestras. Generalmente se utilizan bolsas de polietileno que resistan el manejo.

MUESTREO DE TRANSPORTES

Los transportes terrestres pueden ser camiones o furgones de ferrocarril. La extracción de las muestras debe hacerse antes de que se proceda a su descarga.

En el caso de transportes a granel se usa el esquema de cuadrángulo definiendo la cantidad de puntos de acuerdo al tonelaje transportado.

Uso de calador neumático para camiones que transportan hasta 20 t se eligen 8 puntos de extracción y para trailers que transportan más de 20 t se eligen 10 puntos de extracción.



Figura 16. Calador neumático

Uso de calador mecánico de alveolos divididos para camiones que transportan hasta 20 t se eligen 11 puntos de extracción y, para trailers o furgones de ferrocarril que transportan más de 20 t, el esquema de muestreo implica 14 puntos.

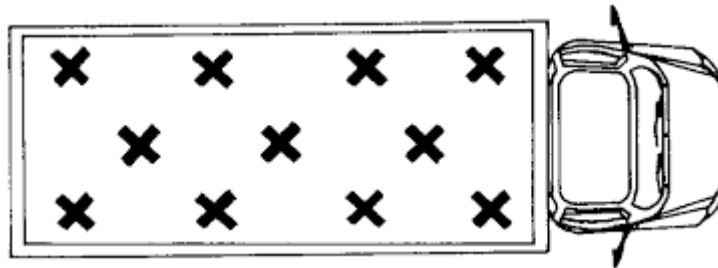


Figura 17. Puntos de muestreo

En ambos casos los puntos de muestreo seleccionados deben estar separados de las paredes del contenedor por lo menos 30 cm.

MANEJO DE MUESTRAS

La concentración de las muestras primarias, con el fin de obtener una muestra global, se hace sobre una bolsa, una lona, un plástico o un costal de aproximadamente 2,0 m por lado. Al concentrar las muestras primarias se forma una muestra global, la cual se debe homogeneizar y reducir con el fin de obtener la muestra original representativa. Para obtener la muestra original representativa primero se homogeneiza la muestra global agitando la bolsa para que el grano se mezcle. Enseguida se extrae una proporción de 2 kg, la cual es representativa de todo el lote muestreado y es la cantidad mínima que se necesita para hacer los análisis. Si se utiliza el costal o la lona de plástico, esta se extiende sobre el granel y en su centro se vacían las muestras primarias, colocando el calador en posición horizontal a unos 20 cm sobre la lona, con lo cual se conforma la muestra global. La muestra global se somete a cuarteo para la obtención de la muestra original representativa.

El cuarteo de la muestra global se lleva a cabo homogeneizando el grano que la compone, para lo cual se toma cada vez una de las cuatro esquinas de la lona levantándola y moviéndola hacia el centro, de manera que el grano se mezcle. Posteriormente, el montón de grano se divide en cuatro partes iguales, de las cuales

se eliminan los dos cuartos de los extremos opuestos y se vuelve a mezclar el resto. Se vuelve a cuartear y se repite la misma operación hasta obtener un volumen de aproximadamente 2 kg que constituye la muestra original representativa.

DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS

El análisis de la muestra original representativa de cebada se inicia mediante la determinación de sus características organolépticas, la cual consiste en observar el aspecto, detectar el olor y medir la temperatura del lote que se va a muestrear, realizando estas operaciones antes de homogeneizar la muestra.

ASPECTO

La observación de la muestra proporciona información sobre el aspecto del grano, el que podrá ser: normal, sucio, dañado, manchado, mezclado, quebrado, desnudo o contaminado. Debe presentar una coloración amarilla clara como la paja. Esta observación se confirma con los resultados del análisis de la muestra.

OLORES

El olor se detecta en el momento del muestreo. El olor debe ser característico del grano de cebada sano y seco. Son olores objetables los característicos a putrefacción, rancio, alcohol, pescado y productos químicos, entre otros.

DETERMINACIÓN DE HUMEDAD.

Fundamento

Determinar la cantidad de agua contenida en el grano, tomando como base la conductividad eléctrica del agua. La humedad es un parámetro de suma relevancia en la conservación del grano de cebada. Es muy importante que la cebada no se almacene con un porcentaje de humedad mayor a 13.5% pues de lo contrario, la calidad del grano se verá afectada pues la temperatura del grano almacenado aumentará lo cual origina que el grano empiece a germinar. Asimismo, el aumento de temperatura propicia el desarrollo de hongos e insectos. Adicionalmente desde el punto de vista toxicológico es de suma importancia que el grano de cebada se almacene en buenas condiciones para evitar la proliferación de hongos del género

Aspergillus que producen una micotoxina que está relacionada con el desarrollo de cáncer de hígado. Si se recibe un grano húmedo y se procede a secarlo, cuidar mucho que la temperatura no exceda los 45°C pues de lo contrario se verá afectada la germinación del grano. Otro aspecto importante a considerar en el almacenamiento de la cebada es la ventilación para mantener su viabilidad. Se puede emplear un medidor digital de humedad como el que se muestra en la siguiente figura.



Figura 18. Determinador Digital de Humedad

Tabla 8. Ajuste al precio de cebada en recepción por porcentaje de Humedad

Bonificaciones		Deducciones		
%	kg/t	%	kg/t	
6,0	5	14,0	5	
6,5		14,5		
7,0		15,0		
7,5		15,5		
8,0		16,0		
8,5		16,5		
9,0		0	<p>NOTA:</p> <p>Las fábricas y/o bodegas con secadora podrán recibir en camiones hasta con el 16.5% de humedad, cobrando lo correspondiente por gastos de secado.</p>	
9,5				
10,0				
10,5				
11,0				
11,5				
12,0				
12,5				
13,0				
13,5				

El valor del porcentaje de humedad de la cebada debe estar entre 11,5% a 13,5%

DETERMINACIÓN DE IMPUREZAS

Fundamento

Consiste en la separación y cuantificación de todos los materiales distintos a la cebada que pasan a través de una criba de orificios oblongos de dimensiones de 1,79 mm x 13 mm (4,5/64 in x 1/2 in), así como todo aquel material que no haya atravesado la criba y sea diferente al grano de cebada. Se considera impureza cualquier cuerpo o material extraño al grano de cebada. Por ejemplo otros granos, piedras, semillas, etc.

La especificación para Impurezas es 2,0% máximo.

Tabla 9. Ajuste al precio de cebada en recepción por porcentaje de Impurezas

Bonificaciones		Deducciones	
%	kg/t	%	kg/t
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



Figura 19. Impurezas en cebada

DETERMINACIÓN DE PESO POR HECTOLITRO

Fundamento

Consiste en obtener el peso de un hectolitro de grano de la muestra original libre de impurezas expresado en kilogramos.

Esta determinación se puede realizar empleando el Método usando balanza o el Método usando embudo y probeta.

Método usando balanza

El grano de cebada limpio sin clasificar, libre de impurezas, de raquis y de barbas, se utiliza para hacer la determinación de peso por hectolitro (peso específico) mediante el uso de una balanza de mesa fija o semifija o de campo, el cual es un aparato especial

para determinar peso por hectolitro.

La balanza fija o semifija está provista de una tolva cónica con una válvula de salida que debe utilizarse para el llenado del recipiente de la balanza. La salida de la tolva debe estar situada sobre el centro del recipiente a una distancia de 5 cm, medida del extremo inferior de la salida de la tolva al borde superior del recipiente. Se toma el grano del recipiente No. 1 del homogeneizador, se limpia y se vacía en la tolva de la balanza. El recipiente debe llenarse con el grano de cebada, libre de impurezas y de

barbas hasta que se derrame, debe tenerse mucho cuidado de no golpear el recipiente que contenga el grano antes del rasamiento y la verificación del peso.

El excedente de grano debe quitarse del recipiente rasándolo sobre sus bordes con una regla de aristas redondeadas siguiendo un movimiento de zig-zag, inmediatamente debe realizarse la medición del peso en la balanza. Para que la cebada sea considerada como maltera, uno de los requisitos es que el peso registrado en la balanza, como mínimo, debe ser el equivalente de 56 kg/hl para cebadas de seis hileras y a 58 kg/hl para cebadas de dos hileras.



Figura 20. Determinador de peso hectolítrico

Método usando embudo y probeta

El grano de cebada limpio sin clasificar, libre de impurezas, de raquis y de barbas, se utiliza para hacer la determinación de peso por hectolitro (peso específico) mediante el uso de una probeta de precisión graduada, de 250 ml y un embudo especial con válvula o compuerta. El embudo con válvula debe tener las siguientes medidas:

Tabla 10. Medidas del embudo para determinar peso hectolítrico

Largo total	8,00 pulgadas	20,32 cm
Largo del cono	6,50 pulgadas	16,51 cm
Largo del tubo	1,50 pulgadas	3,81 cm
Diámetro del embudo en la parte superior	3,50 pulgadas	8,89 cm
Diámetro del embudo en la parte de la salida	1,25 pulgadas	3,17 cm

De la submuestra 1 se pesan 110 g en una balanza granataria con precisión de 0,1 g, de grano de cebada, limpio libre de impurezas. Se coloca la probeta en una base firme y nivelada, se vierte el grano pesado en el embudo y este se coloca en la boca de la probeta sujetándolo firmemente, apretando con los dedos hacia abajo, la base de la probeta. La válvula se libera para dejar caer el grano en la probeta libremente. Esta operación se repite dos veces y se anota el promedio obtenido. Cuando el promedio de la lectura del volumen leído, en la probeta resulta non, se debe de considerar el valor inferior de las dos lecturas. No debe sacudirse ni golpearse la probeta de ningún modo durante la operación o en cualquier momento antes de la lectura del volumen del grano de cebada. Se lee el volumen, redondeando los dos mililitros más cercanos, al hacerlo no se toma en cuenta el nivel superior del grano, puesto que se debe de hacer, una compensación razonable para los extremos de los granos que probablemente sobresalgan en posición erecta del nivel general de los granos. Si la superficie de los granos es inclinada, en lugar de horizontal y paralela a las graduaciones de la probeta, se repite la determinación.

Para que la cebada sea considerada como maltera, uno de los requisitos es que el peso como mínimo, debe ser el equivalente de 56 kg/hl para cebadas de seis hileras y a 58 kg/hl para cebadas de dos hileras.

DETERMINACIÓN DE GRANO DE TAMAÑO PARA USO MALTERO

Fundamento

Consiste en determinar la cantidad de grano de cebada cuyo tamaño es el requerido para uso maltero y que es aquel que es retenido en una criba de dimensiones de 2,18 mm x 19 mm (5,5/64 in x 3/4 in). En el malteo, en la etapa de remojo, los granos pequeños sobrepasan rápidamente los límites de absorción de agua llegando a valores de porcentaje de humedad por encima del 45%. De igual manera, la germinación en granos pequeños es deficiente. La especificación para Grano de tamaño para uso maltero es de 85% mínimo.

Tabla 11. Ajuste al precio de cebada en recepción por Grano de tamaño para uso maltero

Bonificaciones		Deducciones	
%	kg/t	%	kg/t
100	100	84	5
99	90	83	10
98	80	82	15
97	70	81	20
96	60	80	25
95	50	79	30
94	45	78	35
93	40	77	40
92	35	76	45
91	30	75	50
90	25	74	60
89	20	73	70
88	15	72	80
87	10	71	90
86	5	70	100
85	0		

En la siguiente figura se muestran ejemplos de cribas.



Figura 21. Cribas para clasificar el grano

DETERMINACIÓN DE GRANO DAÑADO

El término “grano dañado” comprende a todos los granos que presentan alteraciones y que se detectan visiblemente. Estos daños o alteraciones pueden ser producidos por calor, insectos, microorganismos, inmaduros, germinados y dañados por factores meteorológicos. Estos daños en el grano con frecuencia reducen la capacidad de germinación del mismo.

Granos dañados por calor

Son aquellos granos que presentan una coloración que va de ámbar claro a café oscuro, hasta llegar a negro, que afecta tanto al embrión como al endospermo y es ocasionado por calentamientos durante el almacenamiento. Su presencia indica que el grano ha sido manejado con elevados contenidos de humedad que favorecieron calentamientos húmedos, propiciando un rápido deterioro del grano por el desarrollo de microorganismos. En caso de duda será necesario cortar longitudinalmente el grano o usar una perladora para observar con detenimiento el germen y endospermo y determinar su afectación. En la siguiente figura se muestra un grano de cebada perlado dañado por calor.



Figura 22. Daño por calor

Granos dañados por factores meteorológicos

Granos de cebada y sus partes que no alcanzaron su desarrollo completo como resultado de factores meteorológicos: heladas, sequías y granizadas entre otros y que por tanto aparecen inmaduros, chupados o enjutos y/o que muestren una coloración negra, café o verde distintiva, producida por heladas.



Figura 23. Daño por helada

Granos dañados por germinación

Granos de cebada o sus trozos que hayan germinado, mostrando una zona hinchada por encima del germen, o la cutícula del embrión abierta debido a cualquiera de las fases de germinación, o que presente la nueva plantita.



Figura 24. Daño por germinación

Granos dañados por hongos

Granos de cebada y sus partes que presenten en la superficie o en el germen, afectación parcial o total por desarrollo de hongos de campo y/o de almacén, mostrando granos cubiertos en un 50 % o más, con una sustancia similar al moho. Existe un hongo de campo del género *Fusarium* que puede colorear de rojo el interior del grano.



Figura 25. Daño por hongos

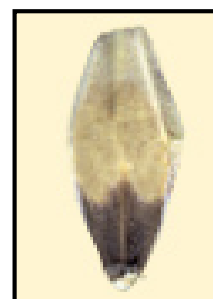


Figura 26. Daño por roya

Granos dañados por insectos y roedores

Granos de cebada y sus partes que presenten perforaciones o galerías originadas por insectos de campo y/o de almacén y en su interior presentan formas vivas o muertas del estado larvario de dichos insectos, así como también los granos que presenten huevecillos de insectos adheridos a la cutícula. Los granos dañados por roedores presentarán las marcas características de dentelladas.



Figura 27. Perforado por insectos

Fundamento

Granos de cebada maltera que presentan alteraciones resultantes en el cultivo, la cosecha o en el almacenamiento provocados por calor, agentes meteorológicos, hongos, insectos, roedores, desarrollo germinal e inmaduros, pudiendo aceptarse hasta 10,0 % máximo de grano dañado.

DETERMINACIÓN DE GRANOS DESNUDOS Y QUEBRADOS

Fundamento

Son granos que habiendo sido clasificados dentro del tamaño de grano para uso maltero han perdido más de una tercera parte de la cáscara que lo cubre y/o son pedazos de grano.

Grano desnudo. Es el grano que habiendo sido clasificado dentro del tamaño para uso maltero ha perdido más de una tercera parte de la cáscara que lo cubre.

Grano quebrado. Son pedazos de grano que habían quedado clasificados dentro del tamaño para uso maltero.



Figura 28. Desnudos y quebrados

Generalmente los granos desnudos y quebrados presentan una germinación pobre debido a que han perdido parte de su cáscara lo cual los hace susceptibles a que se contaminen por hongos. Otra de las funciones de la cáscara es que protege el crecimiento de la plúmula durante la germinación.

La especificación para Granos desnudos y/o quebrados es de 5,0% máximo.

Tabla 12. Ajuste al precio de cebada en recepción por Granos desnudos y/o quebrados

Bonificaciones		Deducciones	
%	kg/t	%	kg/t
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		

Determinación de mezclas

Fundamento

Consiste en la detección de granos de cebada maltera, diferentes a los de la variedad de cebada maltera declarada, considerando las características botánicas de

las variedades registradas en Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural que a continuación se mencionan. El porcentaje máximo que se puede aceptar de mezclas de variedades de cebada maltera debidamente registradas es del 10%. En caso de cebadas derivadas de líneas experimentales y de biotipos no registrados así como la cebada forrajera no son aceptados.

Línea experimental: Cebada homogénea en sus características botánicas, que se encuentra en proceso de experimentación agronómica e industrial y no ha sido liberada como variedad para producción de grano comercial.

Biotipo de cebada: Cebada que contiene una o más cebadas diferentes entre sí. Cada cebada puede ser homogénea y/o segregante y no ha sido liberado ni registrado en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Cebada forrajera: Cebada homogénea en sus características botánicas que ha sido liberada para producción de grano comercial para uso forrajero y ha sido registrada en la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. No es apta para malta.

Determinación de germinación (viabilidad)

Fundamento

Determinación de la cantidad de granos de cebada maltera que están en condiciones de iniciar el desarrollo de su embrión. Para determinar la viabilidad se utiliza tetrazolio disuelto en agua destilada a una concentración de 0,5 %. La solución de tetrazolio se debe preparar al inicio de recibir el grano o semilla de cebada en cada ciclo agrícola; la caducidad de la solución de tetrazolio tendrá efecto al término de cada ciclo (una vez embarcado el grano). Se pueden utilizar los métodos siguientes: Método usando el vitascopio, Método usando tubos de ensayo, Método por Peróxido de Hidrógeno y Método por Ácido Sulfúrico.

Procedimiento

Método usando el vitascopio

En el vitascopio se usa un líquido que contiene sal de tetrazolio al 0,5 % como reactivo, el cual debe guardarse en un frasco ámbar para evitar su descomposición.

Si el embrión presenta una coloración rojo intenso en las estructuras de crecimiento, es indicadora de que el embrión está vivo. La falta de coloración o la coloración rosa pálido es indicador de la muerte o de la poca viabilidad del grano.

El mínimo aceptado es de 85 % de viabilidad.

La Prueba de Tetrazolio está basada en la actividad de ciertas enzimas llamadas deshidrogenasas, las cuales participan en las reacciones de respiración que se producen en la mitocondria de las células vivas. Estas enzimas están presentes en los tejidos vivos de las semillas, y reducen la solución incolora de 2,3,5-trifenil cloruro de tetrazolio en un color rojo/rosa genéricamente llamado formazan. Cuando las semillas están sumergidas en una solución de tetrazolio, las células vivas de los tejidos sufren una reacción química de óxido reducción donde están presentes las enzimas participantes.²⁶

Durante el proceso la solución en el vitascopio es mantenida a 45°C. Al mismo tiempo se efectúa la reacción bajo vacío lo que acelera la reacción. En la siguiente figura se presenta la reacción de reducción del tetrazolio en la cual uno de los productos resultantes es el formazan que es el responsable de la tinción del embrión.

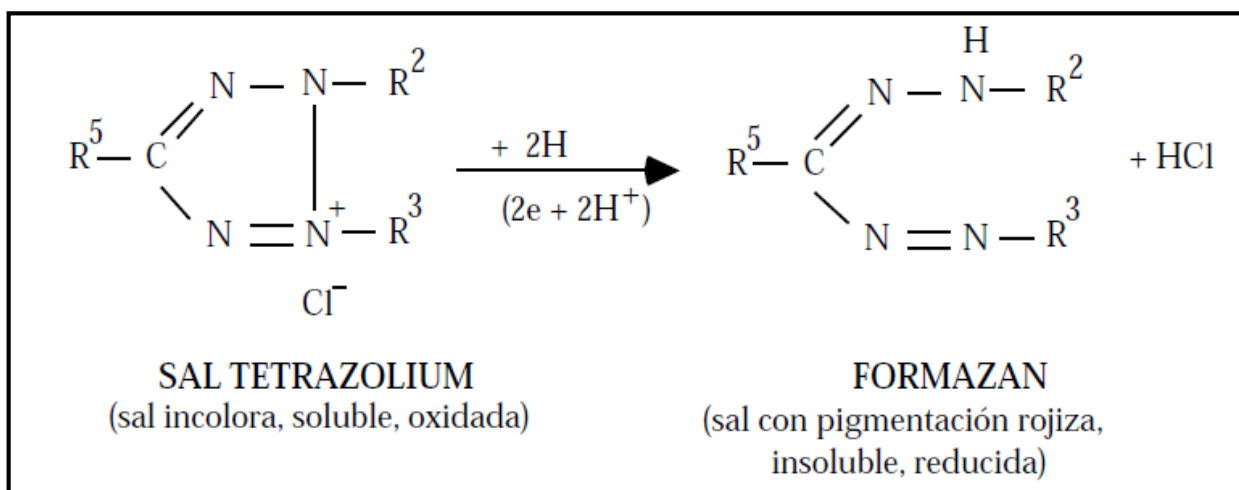


Figura 29. Reacción de Tetrazolio

Método usando tubos de ensayo

Esta prueba se puede efectuar en baño maría a 45°C para ahorrar tiempo y acelerar la reacción. El tiempo necesario para completar la reacción es de 8 min a 15 min. También se puede hacer esta prueba a temperatura ambiente empleando 30 min aproximadamente. A continuación se presentan imágenes de granos de cebada que se utilizaron para la determinación de viabilidad empleando solución de tetrazolio. De izquierda a derecha se observa la disminución en la tinción del embrión.

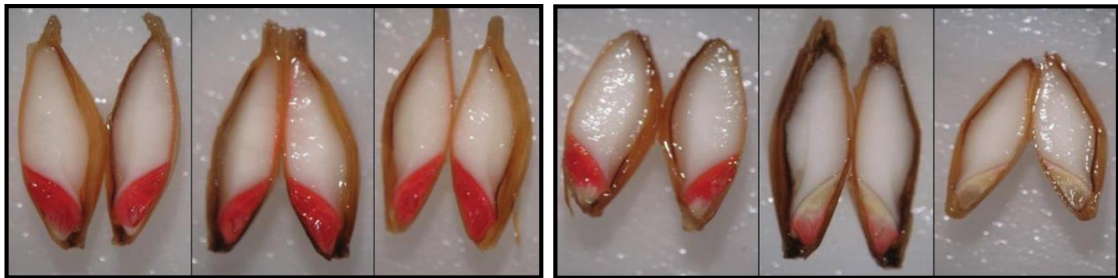


Figura 30. Decremento en la viabilidad del grano

El método usando tetrazolio es usado en cebada recién cosechada. Se emplea con mucha frecuencia en temporada de recepción de cebada por ser fácil y rápida. Una desventaja de esta prueba es que no detecta si el grano presenta daño químico por estar expuesto a fumigantes. Esta prueba no mide la viabilidad del grano *per se* y es por esta razón que es necesario aplicar paralelamente ya sea el Método por peróxido de hidrógeno (H_2O_2) o el Método por ácido sulfúrico (H_2SO_4) para saber con toda seguridad la capacidad de germinación del grano.

CAPÍTULO 3. HISTORIA DE LA CERVEZA

Varias de las grandes civilizaciones de la edad antigua nos dejaron registros tanto escritos como pictográficos, de la elaboración y consumo de la cerveza.

En la antigüedad, la cerveza tenía diversos usos (medicinales, estéticos); sin embargo, el principal uso que se le ha dado desde hace miles de años ha sido como bebida. En lo que se refiere al desarrollo de técnicas de producción y de estilos de la cerveza, la Edad Media fue la etapa de mayor esplendor. Pero fue hasta el siglo XIX cuando se pudo explicar científicamente la fermentación alcohólica lo cual eliminó la creencia que era un suceso sobrenatural. La historia de esta bebida tradicional nos revela que hoy día la cerveza es de las bebidas alcohólicas fermentadas preferidas y de las más populares en el mundo.

3.1 LA CERVEZA EN LA EDAD ANTIGUA

La primera cerveza producida en el mundo fue en China antigua alrededor del año 7000 a.C. se le conocía como *kui*. Sin embargo, el proceso que actualmente se conoce para elaborar cerveza comenzó en Mesopotamia.²⁷ La mayoría de las fuentes nombran a los sumerios como la civilización que al menos 9000 años a.C. ya elaboraba las primeras cervezas como consecuencia de los inicios del hombre en la agricultura. De hecho, se cree que fueron las mujeres quienes accidentalmente descubrieron que los granos de cereal, al reposar en un medio líquido, producían una bebida de buen sabor, pues eran ellas las responsables de recolectar y almacenar las cosechas.²⁸

El líquido resultante lo consumían con leche para relajarse. “Una bebida obtenida por fermentación de granos que denominan *siraku*”, es la mención más antigua de la cerveza y se encuentra en unas tablas de arcilla escritas en lenguaje sumerio. En ellas se revela una fórmula de elaboración casera de la cerveza: “se cuece pan, se deshace en migas, se prepara una mezcla en agua y se consigue una bebida que vuelve a la gente alegre, extrovertida y feliz”.

En uno de los documentos más antiguos conocidos por el hombre, el *Código de Hammurabi*, alrededor del año 6000 a.C., se habla de la preparación de la cerveza

destinada a ser ofrenda para los dioses. La siguiente figura muestra una tablilla de arcilla donde se registró con pictogramas el reparto de cerveza en Mesopotamia.

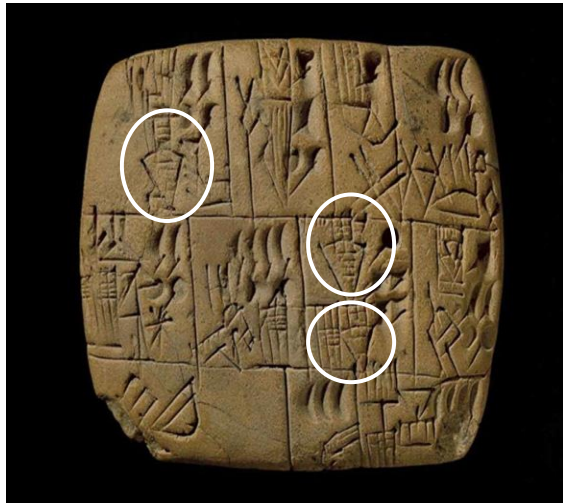


Figura 31. Esta tablilla data del (3100-3000 a.C.). El símbolo de la cerveza es una jarra vertical con base puntiaguda.

Hacia el año 4000 a.C., los babilonios ya conocían dieciséis tipos distintos de cerveza realizadas con cebada, trigo y miel. Y desde el 3000 a.C. se usan en su fabricación productos que le dan sabor amargo y, a su vez, aumentar el tiempo de conservación.²⁹

La cerveza llegó a ser tan importante para la antigua cultura mesopotámica que los sumerios crearon una diosa para la cerveza y su elaboración, Ninkasi, y un poeta anónimo le escribió un himno alrededor del año 1800 a.C. El “Himno a Ninkasi” no solo proporciona una idea de la importancia de esta costumbre en la mitología sumeria, sino que también nos da una receta para prepararla, esto se convierte en la receta de cerveza más antigua de la historia. A continuación se muestran algunos versos.

“Tú eres la que pone en remojo la malta en un jarra, las olas se elevan, la olas caen.

Ninkasi, tú eres la que pone en remojo la malta en un jarra mientras las olas se elevan y las olas caen.

Cuando derramas de la tina colectora la cerveza ya filtrada es como las crecidas del Tigris y Éufrates,

*Ninkasi, tú eres la que derramas de la tina colectora la cerveza ya filtrada, y es como las crecidas del Tigris y Éufrates”.*³⁰

Poco a poco, la cerveza cobró importancia en la sociedad sumeria y su consumo se extendió hasta Egipto, donde se desarrolló un método distinto de elaboración a partir de masa de pan sin hornear que se dejaba fermentar en agua. La bebida resultante se perfumaba con canela, miel e incluso dátiles. La siguiente figura muestra algunos ingredientes con los que se elaboraba cerveza en Egipto antiguo.



Figura 32. Utensilios e ingredientes para elaborar cerveza en Egipto

Durante unos tres mil años, la cerveza fue de gran importancia tanto en la alimentación cotidiana como en las prácticas religiosas. Cleopatra VII impuso un impuesto a la cerveza para poder pagar sus guerras con Roma. Debido al intercambio comercial entre las civilizaciones del Medio Oriente y el gran Imperio Romano, el cual se extendió hasta Inglaterra, el consumo de cerveza se popularizó por toda Europa y se volvió la bebida preferida de la clase baja, ya que esta no podía costear el precio del vino. Al mismo tiempo, el Islam, religión que prohíbe el consumo de alcohol, comenzaba a cobrar fuerza en Oriente y acabó con la producción cervecera y de cualquier otra bebida alcohólica, mientras que en Europa, sucedió todo lo contrario.²⁸

En la antigua Grecia la cerveza no se utilizaba como bebida.

Hipócrates, el padre de la medicina, sostenía que la cerveza era un calmante que fortalecía el corazón y las encías y la recetaba contra la hipertensión, la insuficiencia cardíaca e inclusive para la fiebre.³¹

Heródoto, el famoso historiador, aconsejaba el uso de la cerveza como antídoto contra muchas enfermedades y contra la picadura del escorpión.³²

Los historiadores romanos cuentan que los galos, los francos y los habitantes de parte de Germania conocían las bebidas elaboradas con cebada.

Tácito, que fue el primero en escribir detalladamente sobre los germanos, nos dice:

“Los germanos beben un horrible jugo hecho de cebada o trigo fermentados, brebaje que guarda un parecido muy lejano con el vino”.

Para griegos y romanos, el vino era la bebida de los pueblos cultos; mientras que la cerveza era la pócima de bárbaros.³³

3.2 LA CERVEZA EN LA EDAD MEDIA

Tras la caída del Imperio Romano la cerveza se consolidó como una de las bebidas más importantes. Entre los siglos XI y XIII las principales ciudades europeas contaban con pequeñas fábricas artesanales que eran dirigidas por maestros cerveceros. Curiosamente, durante la Edad Media la cerveza vivió un momento de esplendor.³⁴

Durante la Edad Media, la demanda de cerveza incrementó de manera notable debido a que las enfermedades en Europa se propagaron rápidamente por la falta de sistemas de drenaje eficientes lo que trajo como consecuencia la contaminación de las fuentes de agua potable; por lo tanto, resultaba más seguro tomar cerveza. Además, esta sirvió como fuente de nutrición durante los períodos de ayuno cristiano y tenía distintos usos medicinales. Por otro lado, los monasterios tuvieron un papel activo en la producción y venta de cerveza durante este período, especialmente en el mejoramiento de los procesos de producción. Los monjes comenzaron a utilizar distintos cereales, como sorgo, avena, centeno y trigo, así como a experimentar con diferentes grados de tostado y tiempos de fermentación. Fue así que en esta época nacen las denominadas cervezas trapenses que en la actualidad aún son producidas. La Asociación Internacional Trapense (AIT) agrupa a veinte abadías de las cuales diez están en Bélgica.²⁸

En el año 2016 la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, por sus siglas en inglés UNESCO, declara a la tradición cultural cervecera en Bélgica como Patrimonio Cultural Inmaterial de la Humanidad.³⁵

Hasta la Edad Media la preparación de la cerveza era un trabajo que se llevaba a cabo en el seno de las familias y, naturalmente, recaía sobre las mujeres. Luego, pasó a ser una verdadera industria que se realizó en cervecerías instaladas en los monasterios y pueblos. Así, entre las órdenes monásticas del norte de Europa, la fabricación de la cerveza era considerada como una parte importante de la vida (como la del vino entre las del sur), puesto que, junto con el pan, eran los dos elementos más importantes de la dieta de los monjes.²⁹

La historia de los monjes y la cerveza comienza a principios del siglo VI cuando San Benito de Nursia describió un modelo de lo que debería ser la vida monástica llamada La Regla (más tarde conocida como La Regla de San Benito). Una de las reglas de San Benito fue que los monjes debían ganarse su propio sustento y compartir con los pobres, así como dar alojamiento a peregrinos y viajeros.³⁶ Los monjes se aproximaron a la cerveza desde un punto de vista científico, experimentaron con nuevas técnicas e ingredientes, recogiendo por escrito los resultados. Así descubrieron las propiedades del lúpulo como generador de amargor y, sobre todo, como conservador.³⁷ A lo largo de la Edad Media, fueron los monasterios quienes mantuvieron e hicieron evolucionar la tradición cervecera, dando origen a las conocidas cervezas de abadía. Los monjes supieron mantener toda su sabiduría acumulada al respecto, en el más estricto secreto, consiguiendo preservar las recetas y los procesos aplicados durante la elaboración de su particular cerveza alcanzando notables avances, logrando mejorar tanto el aspecto de la cerveza como su sabor y aroma.³⁸

Alrededor del año 1150, la monja benedictina Hildegarda de Bingen (Doctora de la Iglesia) publicó un libro llamado "*Physica Sacra*", en el que menciona el poder antibacteriano del lúpulo afirmando que la cerveza aromatizada con esta planta se conserva mejor que la que no lo utiliza. Su sabor amargo hacía a la cerveza más ligera y también servía para combatir a microorganismos no deseables, circunstancia que mejoró la conservación y el comercio de la cerveza. Antes del

descubrimiento del lúpulo se venía utilizando como condimento de la cerveza el “*grut*”, una mezcla de varias plantas secas con un toque de resina de pino para dar el aroma a la cerveza.³⁹

Las cervecerías de los monasterios se convirtieron en las poseedoras de la tradición de la técnica de la elaboración de cerveza. De hecho, algunas cervezas europeas conservan nombres asociados con las abadías.

La popularidad de la bebida se acrecentó debido a la aparición de una serie de leyendas que nutrían el imaginario colectivo, en las que héroes y santos se relacionaban con ella. Así, Jean Primus, duque de Flandes y Brabante, se consideraba el rey de esta bebida, en tanto que a Arnolfo de Soissons se le reconocía como el santo patrón de los cerveceros.³⁴

La cerveza era tan apreciada en esta época que formaba parte de la economía medieval. Fue empleada como moneda para el pago de diezmos e impuestos y como bien de trueque.

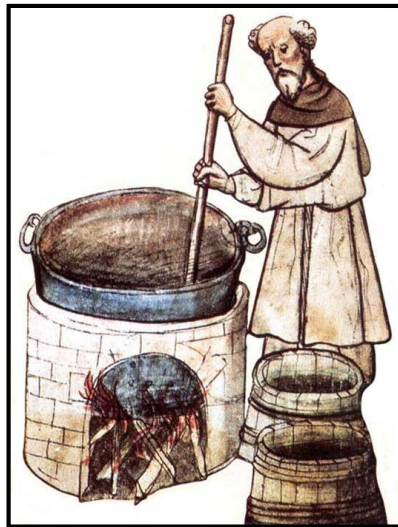


Figura 33. Monje elaborando cerveza

En el siglo XIV surgen grandes fábricas de cerveza en Alemania de gran reputación por su calidad y con un producto muy exportable. En 1376, en el mayor centro cervecero del mundo en esa época, Hamburgo, había más de un millar de maestros cerveceros.

Hacia finales del siglo XIV se produjo una cierta recesión en la producción cervecera alemana, que coincidió con el auge de la británica.²⁹

Otro acontecimiento que cambió la manera de elaborar cerveza fue cuando, a principios del siglo XV, se descubrió la fermentación baja o *lager* gracias a que monjes en Bavaria notaron que había un tipo de levadura que produce una bebida más pura cuando trabaja a una temperatura menor.²⁸

3.3 LA CERVEZA EN LA EDAD MODERNA Y CONTEMPORÁNEA

En 1516, las autoridades bávaras introdujeron las “Leyes de la Pureza de la Cerveza” que restringieron las materias primas aptas para su elaboración a cebada malteada (malta), agua y lúpulo. Antiguamente en la elaboración de cerveza no se consideraba a la levadura como un ingrediente ya que se consideraba al proceso de fermentación como “magia”. El mosto que se convertía en cerveza era entonces considerado un verdadero misterio. Las levaduras actuaban por sí mismas, no se cultivaban ni eran introducidas de forma consciente. Dentro del proceso se producía una fermentación espontánea.²⁹

Las equivocaciones más obvias y los ensayos fracasados de elaboración de cerveza, se atribuían a brujas perversas. En 1591 fue quemada en la hoguera por última vez una “bruja de la cerveza”.³³

En 1827 el médico y botánico francés Jean Baptiste Henri Joseph Dezmazière publicó un artículo donde por primera vez incluyó ilustraciones de levaduras de cerveza observadas en microscopio. Estas levaduras fueron denominadas “*Mycoderma cervisiae*”, siendo reconocidas por primera vez como un ser vivo. En el año 1837 el científico francés Charles Cagniard de la Tour confirmó su capacidad reproductiva, su aspecto globular y su aparente alimentación basada en los azúcares de caña. Se le da el nombre de *Saccharomyces* (hongo del azúcar). Es famoso el trabajo que publicó Luis Pasteur en el año 1876 con el título de *Estudios sobre la cerveza*.



Figura 34. Louis Pasteur estudiando microbiología descubrió la pasteurización

El científico danés Emil Christian Hansen establece las técnicas de aislamiento y propagación de cultivos puros de levadura en el cervecera *Carlsberg* y en 1896 inicia la taxonomía de levaduras.⁴⁰

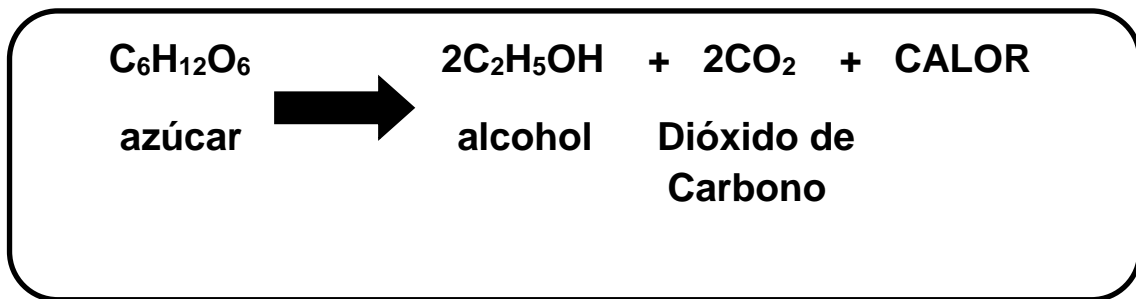


Figura 35. Reacción de la Fermentación alcohólica (anaerobia)

3.3.1 LA CERVEZA EN ESTADOS UNIDOS DE AMÉRICA

Una de las primeras cervecerías en el continente fue establecida en 1612 por Adrian Block y Hans Christriansen, nativos de los Países Bajos, en la isla de Manhattan. La cerveza llegó a ser de consumo básico para los habitantes de las Trece Colonias, debido a que personajes como William Penn y John Harvard apoyaron la iniciativa de producirla en tierras americanas; idea que tuvo buenos resultados, pues en Boston, a finales del siglo XVII se contaba con 27 cervecerías. Con la Revolución Industrial se produjeron cambios tecnológicos que ayudaron a mejorar las técnicas en su elaboración. Por ejemplo, se empezaron a utilizar los termómetros e hidrómetros.

En el libro *The Theory and Practice of Brewing*, Michael Combrune explica el uso de los primeros termómetros en el proceso de elaboración. Del mismo modo, el libro *Hydrometrical Observations and Experiments in the Brewery* que James Baverstock publicó en 1785, dio a conocer los beneficios del hidrómetro. Después de 1865 las grandes compañías cerveceras como la *Miller* en Wisconsin, la *Anheuser-Busch* en Missouri y la *Coors* en Colorado establecieron los cimientos para consolidar su hegemonía dentro de la industria cervecera.³⁴

Para principios del siglo XIX, Norteamérica ya se producían alrededor de 7 millones de galones de cerveza al año de los cuales el 75% eran *ales*. Sin embargo, al poco tiempo la producción de lagers en Estados Unidos incrementó notablemente debido a dos factores: la invención de la refrigeración, lo cual permitió descender fácilmente la temperatura del mosto para lograr la fermentación baja, y la llegada de una gran ola de inmigrantes alemanes al país. Esto también tuvo como resultado el nacimiento de las dos cervecerías prominentes: *Anheuser-Busch* y *Coors*. En los años 1900 ya existía en Estados Unidos de América una Industria Cervecera bien establecida. Posteriormente, una vez que los gigantes cerveceros recobraron su fuerza y recuperaron el control del mercado, en los años ochenta se desató un importante movimiento de cervecerías locales, pues la gente comenzó a mostrar interés por conocer nuevos estilos y apostaron por la producción artesanal. Esto sin duda revolucionó la Industria Cervecera a nivel nacional y global. En 1919 la Industria Cervecera en Estados Unidos de América se vio severamente afectada cuando el congreso norteamericano aprobó “la Prohibición”, disposición que rechazó la producción, venta y consumo de bebidas alcohólicas. La aprobación de esta ley estuvo motivada por un sentimiento antigermánico consecuencia de la Primera Guerra Mundial, así como de la estricta moral del protestantismo. Esta medida tuvo como consecuencia el surgimiento de un mercado ilegal de cervezas y destilados. La Prohibición también provocó que de 1568 cervecerías solo permanecieran 756. Esta ley estuvo vigente hasta el año 1933. Nueva York y Filadelfia se convirtieron en los principales centros de producción cervecera. En la actualidad Chicago se ha convertido en la ciudad con el mayor número de microcervecerías (167). En el 2018 se contabilizaron alrededor de 7,346 cervecerías artesanales.²⁸

3.3.2 LA CERVEZA EN LA NUEVA ESPAÑA

La existencia de bebidas alcohólicas en la Nueva España no fue porque los españoles las hayan traído, pues en el México Prehispánico los indígenas ya las elaboraban, aunque su consumo estaba restringido a un cierto sector social. Además del pulque, elaboraban el tesgüino, aguardiente, pozol, tepache y otras bebidas a base de maíz. Pese a que los españoles incorporaron el vino, el pulque era la bebida que predominó, motivo por el que se impuso una serie de restricciones, tanto en la producción como en la venta. Los cimientos de la Industria Cervecera se deben primordialmente a extranjeros que arribaron nuestro país después de la Guerra de Independencia. En su mayoría provenían de lugares donde la cerveza tenía gran aceptación y popularidad.³⁴ La cerveza no tuvo mayor difusión en la Nueva España, a pesar de que en 1542 se otorgó a Alfonso de Herrera un permiso de Carlos V para su elaboración, no tuvo la aceptación esperada. La cerveza que elaboraba Alfonso de Herrera era tipo ale. En 1824 Justino Tuallion fue el primero en elaborar la cerveza más popular de los primeros años del México Independiente denominada “del Hospicio de Pobres”. Los orígenes de la fábrica de cerveza localizada en la calle de la Pila Seca datan de 1825. Veinte años después, le pertenecía al suizo Bernhard Bolgard, quien experimentó un nuevo método de fermentación alta de la que resultó una bebida de color oscuro. Era fabricada con cebada mexicana, secada al sol, y para darle un toque mexicano le agregaba piloncillo. No fue hasta el último tercio del siglo XIX cuando la cerveza se posicionó como una bebida común en la ciudad de México, aunque el pulque continuaba como el licor de mayor arraigo entre las clases populares.⁴¹ En 1828 el español Juan Canela se presentó con religiosos del Convento de San Agustín para arrendar algunas instalaciones del convento para poder instalar una fábrica de cerveza. A pesar que el negocio fue un éxito Canela cedió su parte a Pedro Roselló, quien se asoció con José Antonio Muñuzuri para establecer una compañía con la razón social “Pedro Roselló y Compañía”. Para 1850 el nuevo dueño de la fábrica de cerveza era Pedro Díaz. Pedro Roselló era un cervecero catalán. En 1824 firmó un contrato con Ventura García Gutiérrez para establecer una cervecería en Guadalajara y posteriormente otra en Puebla; inclusive contrató a Johannes Staples un alemán con amplio conocimiento en la elaboración

de cerveza. No solo fueron españoles y suizos los pioneros de la Industria Cervecera en nuestro país, también encontramos al francés Pedro Eduardo Raguetti y a los hermanos ingleses Tomás y Guillermo Earl.

La aplicación de la ley seca, entre 1915 y 1918, afectó a la Industria Cervecera; sin embargo, en las siguientes décadas se produjo un aumento considerable en su consumo. El aumento de la producción de cerveza se debe en gran parte al desarrollo de medios de comunicación (ferrocarril y transporte marítimo) y la presencia de capital alemán.³⁴ La siguiente tabla muestra un registro del desarrollo de la Industria Cervecera en México.

Tabla 13. Cronología del establecimiento de cervecerías en México

Elaboración de Cerveza en México	
Establecimiento de las primeras cerveceras (cerveza tipo <i>ale</i>)	1825
Establecimiento de la cervecería de la Pila Seca con técnica suiza (primera fábrica grande)	1845
Establecimiento de la cervecería de la Candelaria. Utilizaba piloncillo como adjunto.	1845
Establecimiento de la cervecería San Diego	1860
Establecimiento de la cervecería “La Cruz Blanca”	1869
Establecimiento de la Compañía Cervecera de Toluca y México, S.A. Primera en elaborar cerveza tipo lager.	1875
Establecimiento de la cervecería “Cuauhtémoc” en Monterrey	1890
Establecimiento de la cervecería “Moctezuma” en Orizaba	1894
Establecimiento de cuatro pequeñas cervecerías pequeñas en Orizaba: “La Santa Elena” “La Mexicana” “La Azteca” “La Inglesa”	1894
Establecimiento de la cervecería “Chihuahua”	1896
Establecimiento de la Cervecería de Sonora	1897
Establecimiento de la cervecería “Pacífico”	1900
Establecimiento de la cervecería “Humaya” en Sinaloa	1900
Establecimiento de la cervecería “Yucateca”	1902
Establecimiento de la cervecería “Modelo”	1925

Fuente: Biotecnología Alimentaria⁽⁴²⁾

La fabricación de cerveza en América Latina se inició formalmente en el siglo XIX. Así como Estados Unidos de América fue influido por Inglaterra, las colonias de Iberoamérica estaban marcadas por costumbres y tradiciones españolas y portuguesas.

Al contrario de lo que sucedió en Estados Unidos de América, en América Latina no fueron políticos o empresarios, sino los extranjeros provenientes de países europeos quienes impulsaron la producción de esta bebida. La Tabla 14 muestra el año del que se tiene registro se asentaron las primeras cervecerías en algunos países de América Latina.

Tabla 14. Cronología del establecimiento de cervecerías en América Latina

Establecimiento de las primeras Cervecerías en América Latina	
País	Año
Venezuela	1838
Costa Rica y Chile	1852
Argentina	1855
Perú	1863
Bolivia	1877
Ecuador y Guatemala	1866
Brasil	1888
Colombia	1889
República Dominicana	1890
Paraguay	1894

Hacia 1903 en México se contabilizaban 19 fábricas de cervezas. Después de quince años, el número de fábricas se incrementó a 36; sin embargo, muchas de las cervecerías todavía utilizaban métodos artesanales.³⁴

La mayoría de la malta era importada desde Alemania y los Estados Unidos de América con excepción de dos cervecerías, “La Toluca” y “La Perla”, quienes producían su propia malta.⁴¹

Cervecería Modelo fue comprando a otras cervecerías hasta convertirse en Grupo Modelo el cual, desde 2013 forma parte de AB InBev, la compañía más grande del mundo.

Cervecería Cuauhtémoc también fue adquiriendo otras cervecerías, pero en 1988 compra a Cervecería Moctezuma, formando así, el segundo consorcio cervecero más importante de México. En 2010 Heineken se fusiona con Cervecería Cuauhtémoc Moctezuma en una de las integraciones cerveceras más importantes de esta industria en el mundo.⁴³

CAPÍTULO 4. LA CERVEZA ARTESANAL

El constante crecimiento de la demanda de la cerveza la ha convertido en un producto agroindustrial de suma importancia a nivel mundial. Como consecuencia de la globalización, los grandes consorcios cerveceros únicamente enfocan sus objetivos en ser más rentables y a la disminución de costos. Esta situación ha repercutido directamente en la calidad del producto. La postura de los industriales cerveceros tuvo como efecto el surgimiento de la cerveza artesanal.

4.1 ORIGEN

En la década de los años 70, tanto en Estados Unidos de América como en Reino Unido, se inició un movimiento en el que amantes de la cerveza comenzaron a montar las primeras microcervecerías buscando rescatar el sabor original de la cerveza, así como aprender y rescatar los estilos tradicionales que se había caído en desuso. En Estados Unidos de América es fundamental la microcervecería californiana “*New Albion Brewing Company*” fundada en 1976 y que fue una inspiración en todo el país. Su fundador Jack McAuliffe, tras pasar un período en Escocia, quiso reintroducir en Norteamérica sabores perdidos y reivindicar la cerveza

tradicional. Logró crear la primera microcervecería como las conocemos hoy día.⁴⁴ A finales de los años 70 en Colorado, EUA dentro de una pequeña ciudad pegada a Denver llamada Boulder, se crea una primera asociación de cerveceros caseros. Colorado también reúne a los primeros festivales cerveceros de aquel entonces. Los estados en detonar a California como líder en el sector de la cerveza artesanal son Sacramento, San Francisco y San Diego.²⁸

Mientras que en Reino Unido la gran cultura de *pub* y cervecera logró desde la década de 1970 luchar contra los grandes oligopolios que se habían hecho con las cervecerías. Hay que destacar el papel de *Campaign for Real Ale* (CAMRA), una organización de consumidores que desde 1971 promueve la cerveza y la sidra de calidad a través de publicaciones, eventos y premios alrededor de las elaboraciones artesanas y tradicionales.

A finales del siglo XX la Industria Cervecera ya estaba totalmente consolidada. Los grandes consorcios cerveceros se empiezan a fusionar entre sí para ser más competitivos internacionalmente. El principal objetivo de las empresas cerveceras multinacionales de disminuir costos, trajo como consecuencia un descuido drástico en términos de calidad.⁴⁴

En el caso particular del Reino Unido, las microcervecerías (*brewpubs*) se enfocaron en la producción tradicional de cerveza tipo *ale*.⁴⁵

4.2 DEFINICIÓN

La definición de ACERMEX es la siguiente:

“Una cervecería artesanal debe ser pequeña, independiente y tradicional”

Pequeña: Su producción debe ser menor a los 650,000 hectolitros anuales.

Independiente: Ningún productor cervecero dominante en el mercado de México posee más del 25% del capital social de su empresa.

Tradicional: Los procesos de producción así como la materia prima tienen que tener como primer enfoque el sabor y la calidad de la cerveza y no el reducir el costo. Además, el cervecero debe enfocarse en que sus cervezas provengan de los métodos tradicionales usando como fuente principal la malta.

El término “artesanal” implica que tienen una producción menor al 1% del total de la producción de cerveza a nivel nacional. Utilizan materia prima de excelente calidad y solo usan aditivos para desarrollo de innovación creativa de recetas y con el fin de enaltecer sabores y no para disminuir costos. Otra característica que deben tener las cervezas es que en su formulación solo debe tener agua, malta de cebada, lúpulo y levadura. Esto acatando la Ley de Pureza Alemana.⁴⁶



Figura 36. Ingredientes permitidos por la Ley de Pureza Alemana

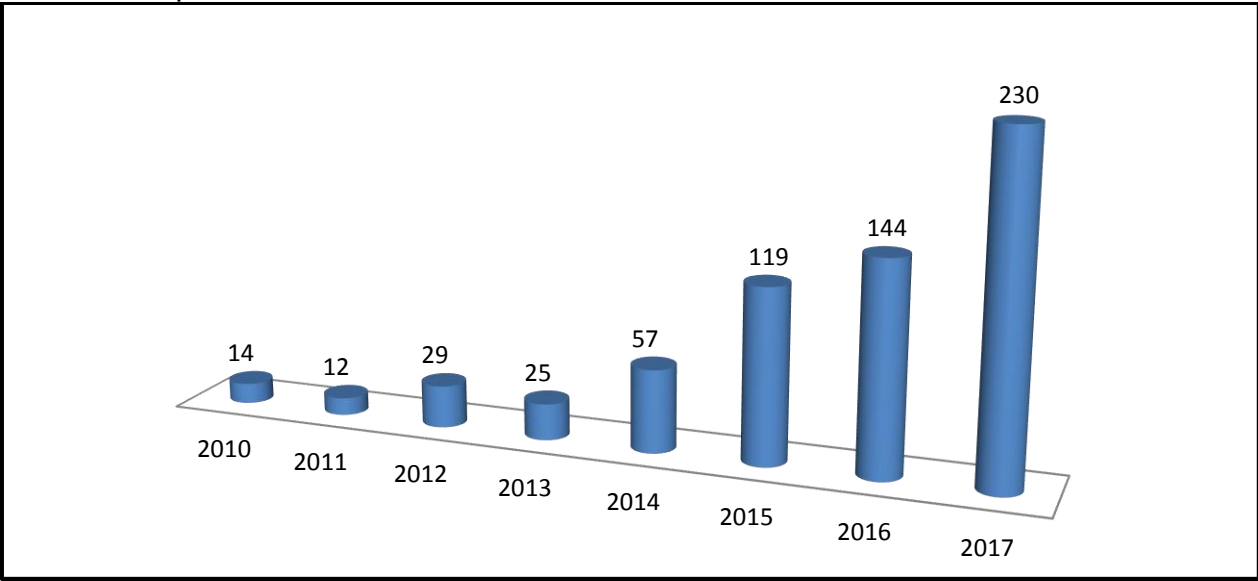
4.3 LA CERVEZA ARTESANAL EN MÉXICO

El pionero de la cerveza artesanal es Gustavo González que es el fundador de “Cervecería Cosaco”. En 1995 inició elaborando cerveza casera y fue hasta el año 2000 que establece su microcervecería. Las recetas utilizadas son originales y rescatan la escuela y técnica de cerveceros principalmente de Bélgica, Reino Unido y Escocia.

Otro caso muy interesante es “Cervecería Calavera” que fundó el danés Bjorn Gilbert Nielsen en 2008, después de ganar en Dinamarca un concurso de cerveza casera. Gilbert Nielsen busca que “Cervecería Calavera” sea autosustentable con malta y cebada producidas en México, que trabaje con energía solar o eólica. Asimismo, busca establecer convenios con ejidatarios que puedan desarrollar sus productos.²⁸ Uno de los grandes problemas a los que se enfrentaron los microcerveceros fue la distribución de sus productos pues el duopolio cervecero en México tenía contratos de exclusividad en la distribución de cerveza. A pesar que desde 2011 las cervecerías artesanales comenzaron a mostrar un crecimiento sostenido, fue hasta

2013 con la resolución de la COFECE pues condicionó a las multinacionales para que limitaran sus contratos de exclusividad y permitieran el acceso de las cervezas artesanales a todos los puntos de venta del país.⁴⁷ Una consecuencia inmediata de dicha resolución fue que a partir del 2014 el número de microcervecerías registró un incremento considerable.

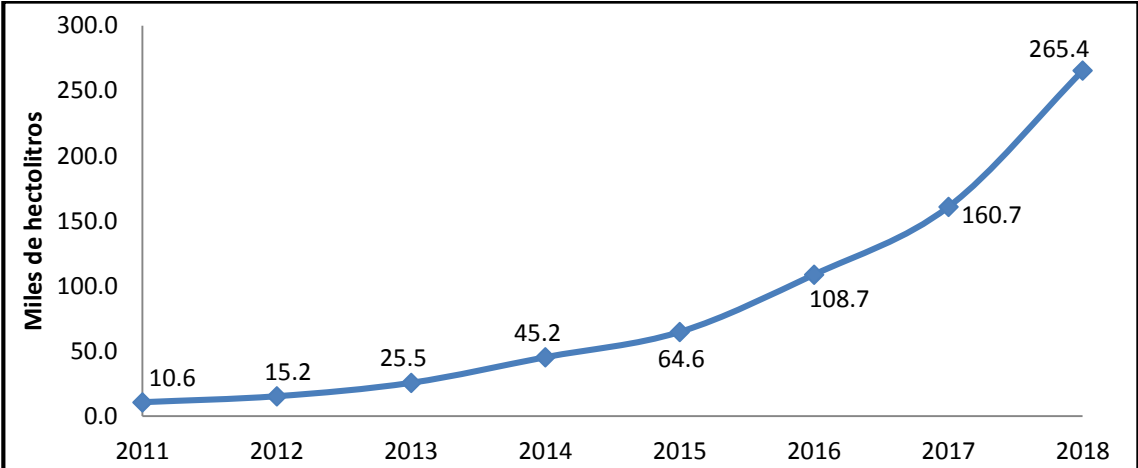
Gráfica 5. Apertura de nuevas microcervecerías en México



Fuente: ACERMEX⁽⁴⁶⁾

Por consiguiente, la Industria de Cerveza Artesanal en nuestro país ha tenido un notable crecimiento.

Gráfica 6. Venta de Cerveza Artesanal en México



Fuente: ACERMEX⁽⁴⁶⁾

En 2010 ya se contabilizaban 14 microcervecerías. En 2017 se tenía un registro de 635 microcervecerías.

Solo el 5.32% de las 635 cervecerías artesanales registradas en el padrón de la SHCP envía sus productos a otros países, aseguró Paz Austin, directora de ACERMEX.⁴⁸

Con el 29% de participación en la elaboración de la cerveza artesanal, Jalisco se mantiene como el estado que más produce a nivel nacional, seguido de Baja California con el 17% y Nuevo León con el 14%. Sin embargo, Jalisco no es la entidad federativa con más microcervecerías puesto que tiene 57; mientras que en Baja California existen 80, y en la Ciudad de México 73.⁴⁹

La ley actual del Impuesto Especial sobre Producción y Servicios o IEPS grava a todas las cervezas con el 26.5% sobre el precio de venta antes del Impuesto al Valor Agregado o IVA. Este esquema de tributación fue adoptado cuando en México solamente existían unas cuantas empresas que producían grandes cantidades de cerveza, con procesos muy eficientes y con costos de producción muy bajos. Se podría decir que en general eran muy similares tanto en gastos, rentabilidad y procesos. Sin embargo, desde hace poco más de 15 años surgió en el país un mercado interesado en producir otro tipo de cervezas. Cervezas de estilos europeos, cuyo proceso de elaboración es en pequeña escala y que la mayoría de los insumos son de importación.²⁸ A continuación se muestran los factores a considerar para fijar el precio de la cerveza artesanal.

Figura 37. Elementos del precio de una cerveza artesanal en México



Pequeñas y medianas cervecerías decidieron entrar al mismo terreno que hoy es controlado por un duopolio conformado por multinacionales. He aquí la gran disparidad.

La ACERMEX dice que el IEPS que paga un artesanal está fuera de proporción respecto a los costos e ingresos que genera una empresa de tipo. Por ejemplo, un

cerveceros artesanos pagan entre \$13 y \$15 pesos por ese impuesto; en contraste con lo que pagan las grandes cervecerías que es alrededor de \$3 a \$4 pesos por litro.⁵⁰

Es un hecho que el costo gravoso de una cerveza artesanal se debe a los impuestos excesivos; aunado a que las microcervecerías solo emplean malta la cual tienen que importar. Las grandes cerveceras emplean en su producción otras materias primas diferentes a la malta, conocidos como “adjuntos” para abaratar el producto final. Entre los adjuntos podemos encontrar insumos derivados del maíz, arroz y otras fuentes de azúcares.

4.4 MALTA

La malta es el producto resultante del proceso llamado malteo al cual se someten los granos de cebada. Básicamente consiste en 3 etapas: remojo, germinación y secado. *Remojo.* El objetivo del remojo es aumentar el contenido inicial de humedad de la cebada que es de aproximadamente 10 a 13.5 por ciento, hasta un 38-42 por ciento, con el propósito de disolver por efecto del agua las sustancias solubles que se encuentran en el grano y promover así el desarrollo del embrión. Otra función que realiza el grano durante el remojo es la respiración. Para que haya respiración se requiere la presencia de oxígeno en el agua; por lo tanto, para que haya una buena oxigenación durante el remojo implica una germinación vigorosa. La temperatura del remojo debe ser menor a 16°C.

Germinación. La germinación es un proceso bioquímico en el cual el grano comienza a acelerar sus actividades biológicas cuando se reúnen condiciones apropiadas de humedad, temperatura y oxigenación. La hidrólisis efectuada permite que el embrión se nutra a partir de las reservas alimenticias del endospermo. Lo que se busca en la germinación es:

- a) Que se activen y desarrollen suficientes enzimas para que haya una completa transformación del grano, de tal forma que haya nutrientes necesarios para la fermentación por acción de la levadura.

- b) Que el endospermo del grano se modifique completamente para obtener un máximo aprovechamiento del almidón y las proteínas que los constituyen.
- c) Obtener el máximo de rendimiento de extracto y evitar las pérdidas atribuidas a la formación de plúmula y raicillas, y las provocadas por el proceso de respiración.

Tanto por la alta concentración de enzimas y buena modificación del grano, como por la mínima pérdida de sustancias extractables, la germinación alcanza su mejor etapa cuando la longitud de la plúmula alcanza de 3/4-1 partes del tamaño del grano y las raicillas 1.5 veces el mismo tamaño.

Otro aspecto importante en el proceso germinativo es la ventilación, ya que una disminución de esta proporciona una atmósfera rica en dióxido de carbono (CO₂), lo cual implica una menor respiración y crecimiento del grano.

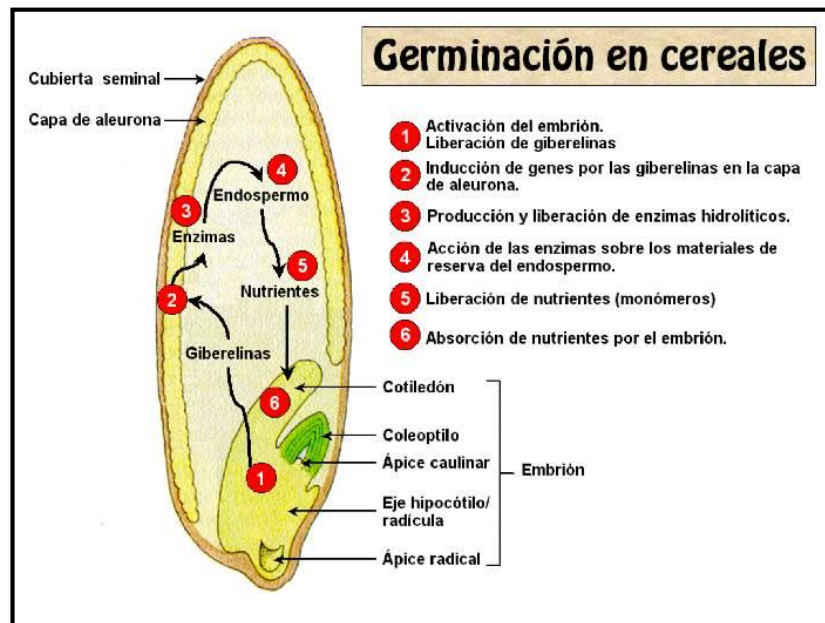


Figura 38. Germinación en cereales

Secado. Los objetivos de esta etapa son:

- a) Acondicionar el grano para una molienda apropiada que proporcione altos rendimientos de sustancias extractables.

- b) Estabilizar la actividad enzimática para el buen almacenamiento de la malta.
- c) Desarrollar color, sabor y aroma.
- d) Evitar el rompimiento y vitrosidad del grano.²

El porcentaje de humedad del grano obtenida en el secado oscila alrededor del 5%. Las maltas se clasifican en maltas base y maltas especiales. Entre más se tuesten los granos menos azúcar tendrán para generar alcohol. Por lo tanto, las recetas de cervezas usualmente incluyen granos ligeramente tostados (maltas base) para el cuerpo y alcohol, y granos tostados (maltas especiales) para color y sabor. Algunos ejemplos de maltas base son la malta pilsner y la malta pale. Las maltas caramelo y chocolate son ejemplos de maltas especiales.⁵¹



Figura 39. Tipos de maltas

La malta es la materia prima más costosa en la elaboración de cerveza. En mayo de año, inició operaciones la primera maltería para microcerveceros: “Maltería Central Altiplano”. El resto de las malterías existentes en el país pertenecen a los 2 grandes grupos cerveceros de México y la malta que producen es para uso exclusivo de ellos. La Maltería Central Altiplano, ubicada en el estado de Puebla, producirá en un inicio 60 toneladas anuales, pudiendo aumentar su capacidad de producción a 1000 toneladas anuales. En este proyecto están involucrados aproximadamente 20 productores de cebada y producirá inicialmente solo malta base. En su comienzo, Maltería Central Altiplano solamente podrá abastecer a 10 microcervecerías. Cabe destacar la valiosa participación de la maltería de Zacatecas (Grupo Modelo) y la maltería de Rafael Lara Grajales (Cuauhtémoc Moctezuma Heineken) así como el

apoyo de la SAGARPA a través de su programa de Proyectos Integrales de Desarrollo Agrícola y de la Secretaría de Economía.⁵²

Debido al aumento del consumo de la cerveza artesanal y al aumento en ventas, los 2 grupos cerveceros del país han efectuado acuerdos comerciales y adquisiciones de varias microcervecías. En 2015 Grupo Modelo compró “Cucapá”, “Cervecería Tijuana”, “Bocanegra” y “Cervecería Mexicana”. En 2017 Cuauhtémoc Moctezuma Heineken compró “Lagunitas” y “Patito” y firmó un convenio con la jalisciense “Primus” que contemplaba aporte de capital. Es innegable el hecho de que las dos grandes cerveceras perciben a las microcervecías como una amenaza pues están muy conscientes que es un mercado con potencia y que existen consumidores ávidos de probar cervezas diferentes.

No obstante que la cerveza artesanal representa menos del 0.1% del volumen total de la producción en el país el mercado crece a doble dígito y con más velocidad que la cerveza industrial.⁵³

Una encuesta realizada en 2016 sobre consumo de bebidas alcohólicas en México arrojó los siguientes datos.

Tabla 15. Consumo de bebidas alcohólicas en México

Bebida Alcohólica Preferida	%
Cerveza Industrial	53
Cerveza Artesanal	14
Tequila	10
Whisky	7
Vino	6
Vodka	5
Ron	2
Champagne	2
Brandy	1

Fuente: Deloitte⁽⁴⁵⁾

4.5 CERVEZAS COLABORATIVAS

En el 2015 la *Brewers Association* o BA que es un grupo comercial estadounidense que impulsa y promueve la producción de cerveza artesanal, realizó un estudio de mercado de la cerveza artesanal en México a través de la consultora Imalinx. Este estudio fue solventado por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América o USDA por sus siglas en inglés. Como resultado de estudio, la BA decidió enfocarse en dar a conocer al mercado mexicano lo relacionado a la Industria de Cerveza Artesanal estadounidense. Derivado de esta resolución, asistieron a la “Expo Cerveza” en septiembre del 2015.⁵⁴

El fruto del interés por parte de BA de querer contribuir a fortalecer a la industria de la cerveza artesanal mexicana y de apoyarla, inclusive hasta de guiarla para su consolidación, fue que en la Expo Cerveza edición 2017 se presentaron ocho cervezas colaborativas que patrocinó la USDA. Y es que la USDA, con el apoyo de la BA y la Asociación de Cerveceros Artesanales de México o ACERMEX, lanzó una convocatoria buscando cervecerías interesadas en participar en un proyecto colaborativo transnacional, a fin de crear una cerveza que celebre lo mejor de ambas industrias agropecuarias. Fue tal la respuesta por parte de las cervecerías artesanales que de la idea original de lograr una cerveza colaborativa, se desarrollaron ocho. En total participaron 16 cervecerías, y en cada colaboración estuvieron involucradas 2 cervecerías, una mexicana y una estadounidense.

Las alianzas son importantes para los cerveceros artesanales, pues no solo se tiene oportunidad de conocer nuevos procesos de producción sino que, a través de intercambio han surgido nuevas relaciones entre las cervecerías que se traducen en nuevos proyectos, aprendizaje y posiblemente vínculos comerciales.⁵⁵ La cerveza colaborativa más reciente es la cerveza “Mural Agua Fresca” que la produjeron Cervecería Primus y Cervecería New Belgium, una de las tres cervecerías artesanales más importantes de Estados Unidos de América. Esta cerveza se lanzó al mercado en la temporada de primavera-verano 2018. Esta cerveza colaborativa tiene una particularidad, su nombre hace remembranza al movimiento artístico del “Muralismo” en nuestro país. De hecho, en el mercado de Juárez de San Juan del Río en Querétaro se pintó un mural que hace referencia a esta cerveza.

Cervecería Primus declaró:

*“Una expresión de verdadera amistad entre nuestro equipos, nuestras cervecerías y nuestros países...”*⁵⁶

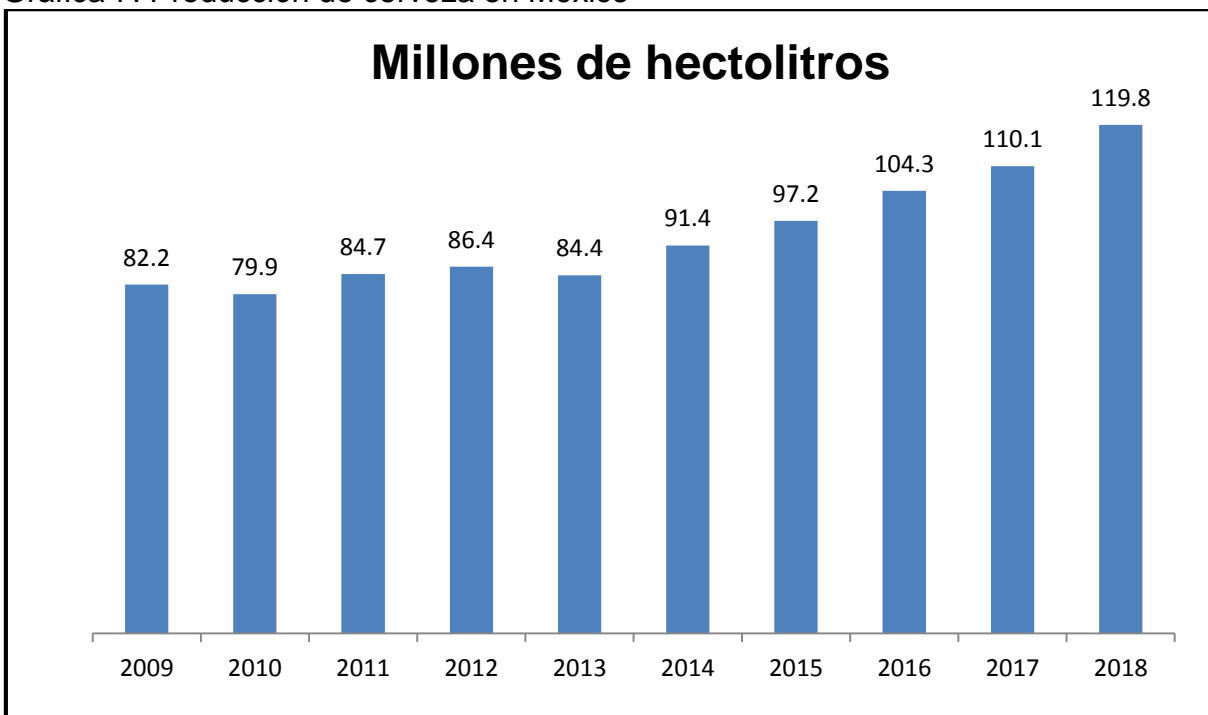


Figura 40. Pintar un muro para promocionar la cerveza “Mural”

4.6 POSICIÓN DE MÉXICO EN EL MERCADO CERVECERO

La producción de cerveza en México ha mantenido un crecimiento sostenido en los últimos años. Desde 2010, México se ha posicionado como el país que más exporta cerveza en el mundo.

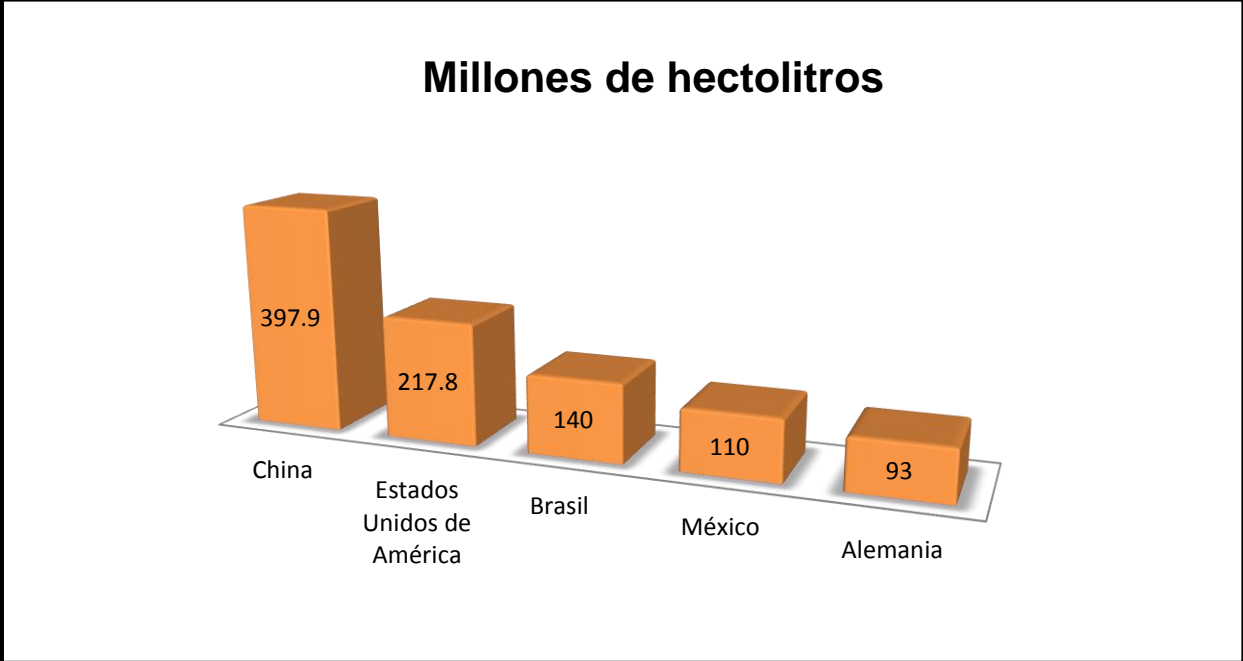
Gráfica 7. Producción de cerveza en México



Fuente: El Economista⁽⁵⁸⁾

Con este nivel de producción, México se ubica como el cuarto país productor de cerveza en el mundo, después de China, Estados Unidos de América y Brasil.

Gráfica 8. Principales países productores de cerveza en el mundo en 2017



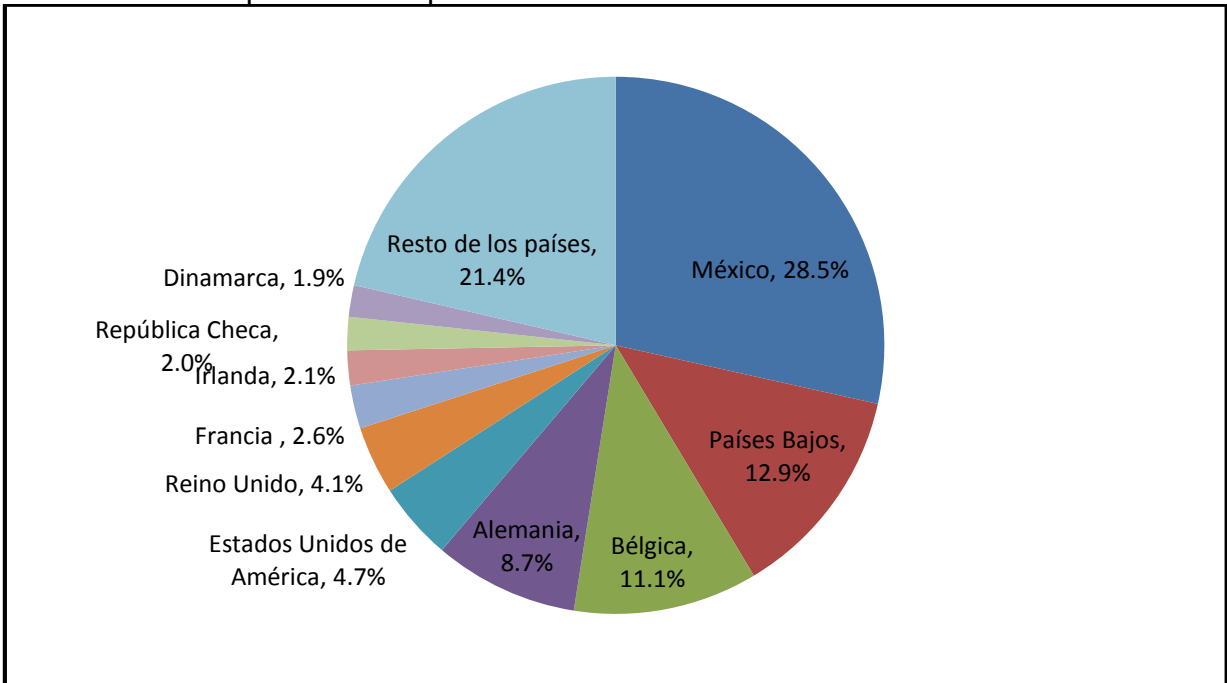
Fuente: Kirin Beer University⁽⁵⁷⁾

El volumen de cerveza producido en 2017 presentó un incremento del 8.8% con respecto al 2016. Este dato es el porcentaje reportado más alto en la última década.



Figura 41. México se consolida como el mayor exportador de cerveza

Gráfica 9. Participación en exportaciones de cerveza en 2018

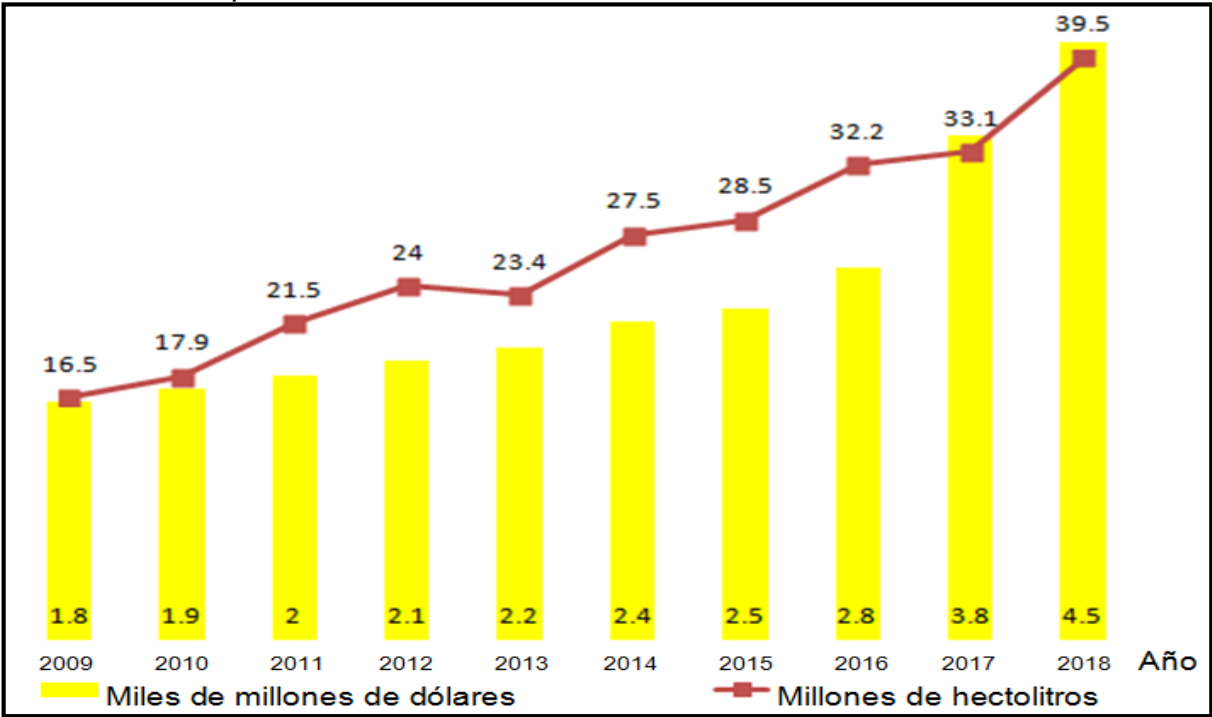


Fuente: World's Top Exports⁽⁵⁹⁾

Los dos grandes grupos cerveceros de México buscan aumentar su capacidad de producción, seguramente para asegurar la supremacía de México como país exportador de cerveza. En febrero de 2018 Cuauhtémoc Moctezuma Heineken inauguró su séptima planta en Meoqui, Chihuahua. Esta planta tiene una capacidad de producción inicial de 5 millones de hectolitros anuales. Asimismo, preparan un incremento del 25% de la capacidad de su planta de Tecate, Baja California. En mismo contexto, en marzo de año Grupo Modelo inauguró su octava planta en Apan, Hidalgo con una capacidad de producción de 12 millones de hectolitros anuales. Cabe resaltar que hoy día, en México se encuentran las dos plantas cerveceras más grandes del mundo. La primera es la Compañía Cervecera de Coahuila que pertenece a *Constellation Brands* con un volumen de producción de 27.5 millones de hectolitros mientras que la Cervecería Cervecera de Zacatecas perteneciente a *AB InBev* (Grupo Modelo) produce al año 24 millones de hectolitros.⁵⁸

En el 2018 México participó con el 28.5% del total de las exportaciones de cerveza en el mundo. Las ventas en 2018 fueron de 4,491 millones de dólares. Desde 2010 México ha sido el país exportador de cerveza más importante a nivel internacional. En 2018 exportó 39.5 millones de hectolitros.⁵⁸

Gráfica 10. Exportaciones de cerveza en México



Fuente: El Economista⁽⁵⁸⁾

**CAPÍTULO 5. NORMA OFICIAL MEXICANA PARA LA INDUSTRIA CERVECERA
NOM-199-SCFI-2017, Bebidas alcohólicas-Denominación, especificaciones
fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.**

El 29 de diciembre del 2017 entró en vigor esta Norma Oficial Mexicana. A continuación se presenta un resumen de dicha Norma. En el apartado 6.1.1 de esta NOM se puede encontrar la definición de cerveza:

“Bebida alcohólica fermentada elaborada con malta, lúpulo, levadura y agua potable, puede adicionarse con infusiones de cualquier semilla farinácea procedente de gramíneas o leguminosas, raíces o materia prima vegetal feculenta y/o carbohidratos de origen vegetal susceptibles de ser hidrolizados o, en su caso, azúcares que son adjuntos de la malta, con adición de lúpulos o sucedáneos en éstos. Su contenido alcohólico es de 2% a 20% Alc. Vol.”

La cerveza puede adicionarse de ingredientes y aditivos permitidos en el acuerdo correspondiente de la Secretaría de Salud. Algunos aditivos permitidos que son utilizados en la cerveza, de manera descriptiva más no limitativa son: jarabes de maltosa, miel, fruta, jugo de fruta, concentrado de fruta, hierbas, especias y otros materiales. (Ver apartado 2.32 de esta NOM).

Métodos de Prueba

- Determinación de Aldehídos, ésteres, metanol y alcoholes superiores.
- Determinación del contenido alcohólico.
- Determinación de acidez total, fija y volátil.
- Cobre, plomo, arsénico, zinc, hierro, calcio, mercurio y cadmio.

Tabla 16. Límites permisibles para algunas especificaciones en cerveza

Especificaciones de la cerveza	Límites	
	Mínimo	Máximo
Contenido de alcohol a 20°C (%Alc. Vol.)	2	20
Metanol (mg/100 ml de alcohol anhidro)	-	300
Acidez Total (como ácido láctico en g/l)	-	10
pH	2,5	5
Plomo (mg/l)	-	0,5
Arsénico (mg/l)	-	0,5

Control de Calidad (Punto 8 de NOM-199-SCFI-2017).

Los productores y envasadores deben mantener sistemas de control de calidad y buenas prácticas de manufactura de acuerdo a la NOM-251-SSA1-2009. Deben utilizar equipo suficiente y adecuado de laboratorio, así como los métodos de prueba apropiados, llevando un control estadístico de la producción y envasado para demostrar el cumplimiento de dichas especificaciones.

Envase y embalaje (Punto 9 de NOM-199-SCFI-2017).

Se debe garantizar la inocuidad de la cerveza conforme a lo establecido en la NOM-142-SSA1/SCFI-2014 en su apartado 10.1. Se deben envasar en recipientes de tipo sanitario, elaborados con materiales inocuos y resistentes a las distintas etapas del proceso, de tal manera que no reaccionen con el producto o alteren sus características físicas, químicas y sensoriales. Se permitirá únicamente la reutilización de envases, cuando el tratamiento que se les dé, garantice su inocuidad. Queda prohibida la reutilización de envases que tengan grabados logotipos diferentes a los de la marca envasada.

La capacidad de cada envase para su comercialización al consumidor final no debe ser mayor de 5 litros. Cada envase debe llevar grabada o marcada de cualquier modo la identificación del lote al que pertenece, el cual consiste en un código específico que permita su trazabilidad. Se deben usar envases exentos de ostentar derechos de propiedad intelectual de los que el productor y/o el envasador de bebidas alcohólicas no sean titular o usuario autorizado.

Información Comercial (Punto 10 de NOM-199-SCFI-2017).

Cada uno de los envases debe ostentar una etiqueta legible en idioma español, la cual debe contener información veraz y no inducir al error al consumidor con respecto a la naturaleza y características del producto, la información respectiva debe cumplir con los requisitos establecidos en el capítulo 9 de la NOM-142-SSA1/SCFI-2014 (Ver 2.5) que precisa la forma y contenido del Etiquetado Sanitario y Comercial de las Bebidas Alcohólicas. Tanto la Secretaría de Economía como la Procuraduría Federal del Consumidor o PROFECO podrán realizar visitas de verificación de la presente Norma Oficial Mexicana. Dichas verificaciones se

realizarán con base en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización en su Título Quinto de la Verificación.

CAPÍTULO 6. CONTROL DE CALIDAD EN LA MALTA

Uno de los principales problemas de la Industria de Cerveza Artesanal es que la gran mayoría de los productores no evalúan la calidad de la malta. Esta situación obedece principalmente a la falta de recursos económicos lo que los obliga a aceptar el producto únicamente con el certificado de calidad. En ese sentido, cabe recordar que, en general, los microcerveceros utilizan maltas de importación. Ciertamente es que a esta industria con frecuencia se le percibe como un entorno informal y creativo debido a la gran variedad de estilos, ingredientes y técnicas que emplean y, por otro lado, también está el hecho de que muchos iniciaron como productores empíricos; sin embargo, a pesar de que hay muchos que se han quedado en el ámbito de producción “familiar”, también están los que ya han escalado a otros niveles de producción.

Los productores de cerveza artesanal deben valorar la necesidad de implementar sistemas que garanticen la calidad de sus productos de manera que los beneficios se reflejen en la obtención de un producto de calidad controlada, estandarizada y en la productividad en general.

Debido a que los microcerveceros no pueden analizar la malta que usan en su proceso, en este estudio se propone un mínimo de pruebas para asegurar al consumidor una cerveza con cualidades propias. En esta ocasión se hará énfasis en la malta como materia prima de la cual se obtiene el sustrato de las levaduras en la fermentación y que, adicionalmente, influye en algunos atributos de la cerveza como color, aroma, cuerpo y sabor.

Cuando los cerveceros artesanales logren interpretar los resultados obtenidos del análisis de la malta y logren comprender la importancia de cada atributo dentro del proceso de elaboración, lograrán un gran avance ya que solo así podrán obtener consistencia y eficiencia dentro de su cervecería.⁶⁰

Básicamente se tomaron en consideración dos factores para esta propuesta: tiempo de realización de los análisis y costo de inversión.

% Humedad. Debido a que la malta es un material muy higroscópico, es necesario controlar su contenido de humedad. Un grano con un contenido bajo de humedad es muy quebradizo mientras que un grano con un contenido alto de humedad puede ocasionar problemas en la molienda, afecta el rendimiento de la maceración y puede existir proliferación de hongos.² Se debe especificar el contenido máximo de humedad no solo por razones económicas, sino porque las maltas con un menor contenido de humedad pueden ser almacenadas por más tiempo (en buenas condiciones). Un alto contenido de humedad también hace que la molienda sea más gruesa que lo normal, lo que afectará negativamente el rendimiento.⁶¹ El contenido de humedad debe estar entre 4-5% para maltas normales o pálidas y caramelo y entre 4.5-5.5% para maltas carapils y negra o tostada.



Figura 42. Horno de Secado



Figura 43. Horno de Secado con pesafiltros



Figura 44. Balanza Analítica



Figura 45. Desecador



Figura 46. Pesafiltros de aluminio

%Extracto de malta. El extracto representa la cantidad de sólidos solubles que pasan del grano malteado al líquido de cocimiento o mosto, y es el factor que mayor importancia tiene en el rendimiento industrial. La propiedad a medir es la gravedad específica pero se recurre al uso de tablas para encontrar directamente el porcentaje de extracto. Se recomienda emplear maltas base con un valor mínimo de %Extracto molienda fina base seca de 76.5 para maltas nacionales 6H; 80 para maltas importadas 2H y 78 para maltas importadas 6H. Para conocer el grado de modificación del grano desde el punto de vista carbohidratos se debe determinar la diferencia entre el extracto molienda fina y el extracto molienda gruesa.²

Tabla 17. Relación del extracto con el grado de modificación

Diferencia de extractos (%)	Modificación de la malta
0.5-1.5	Excelente
2.5	Buena
3.5	Regular
4.5 o más	Pobre



Figura 47. Molino para malta

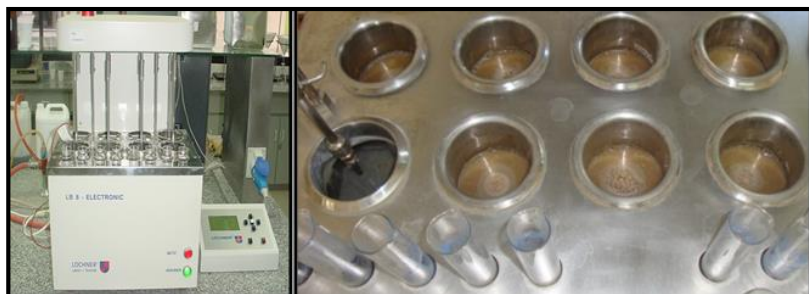


Figura 48. Macerador para malta



Figura 49. Mosto obtenido de diferentes tipos de malta



Figura 50. Baño de agua



Figura 51. Picnómetros

Poder Diastásico. El poder diastásico es la habilidad que tiene el grano malteado de transformar los almidones en azúcares reductores (degradación del almidón). Esta habilidad se estima con la velocidad de reacción de las enzimas que producen ciertas cantidades de azúcares por unidad de tiempo.²

El almidón es el componente más importante de la cebada ($C_6H_{10}O_5$)_n. El almidón se forma en el grano de cebada en una maduración lenta, por asimilación y posterior condensación de glucosa ($C_6H_{12}O_6$). El almidón es metabolizado como reserva de energía por parte del embrión en la primera etapa de crecimiento hasta que esté asegurada la producción propia de energía. El almidón es almacenado como granos de almidón en las células del endospermo.

Los granos de almidón (amiloplastos) están compuestos por dos estructuras diferentes: amilosa y amilopectina.

La amilosa se encuentra en una proporción aproximada entre 20 a 25%; es soluble en agua caliente y no forma engrudo. Está compuesta por 200 a 2500 residuos de glucosa, los cuales están unidos en una cadena larga sin ramificaciones por puentes de hidrógeno en las posiciones 1,4 (el grupo hidroxilo del carbono 1 de una glucosa se une con el hidroxilo del carbono 4 de la siguiente glucosa). Adquiere una conformación tridimensional helicoidal, en la que cada vuelta de hélice consta de seis moléculas de glucosa.

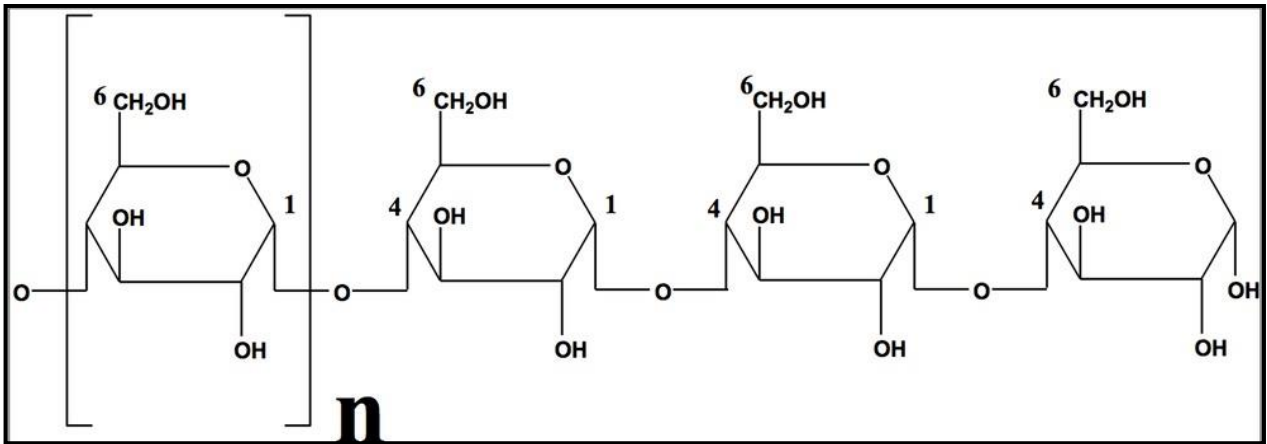


Figura 52. Estructura de amilosa (cadena lineal)

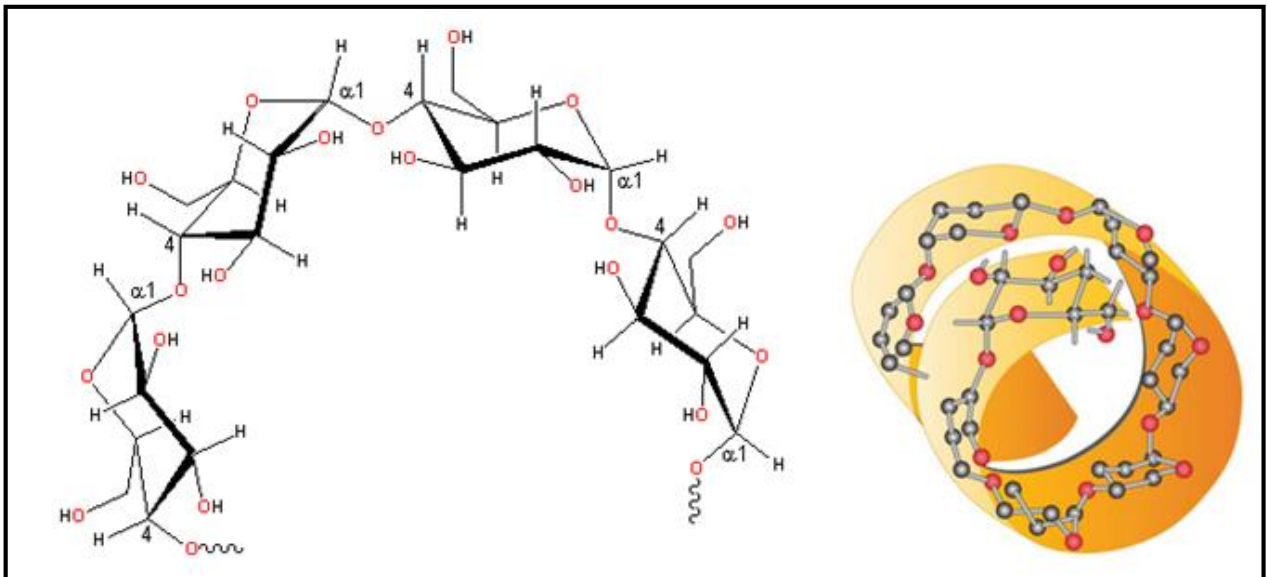


Figura 53. Estructura helicoidal de amilosa

La amilopectina se encuentra en el almidón en una proporción de aproximadamente de 75 a 80%; no es soluble en agua y por lo tanto forma engrudo a temperaturas altas. En la amilopectina se encuentran dos tipos de enlace entre las unidades de glucosa, los α 1-4 como en la amilosa, y los α 1-6 que dan lugar a las ramificaciones; de manera que las moléculas de amilopectina son comparables en su aspecto a un árbol ramificado, el cual puede contener hasta 6000 residuos de glucosa.⁶²

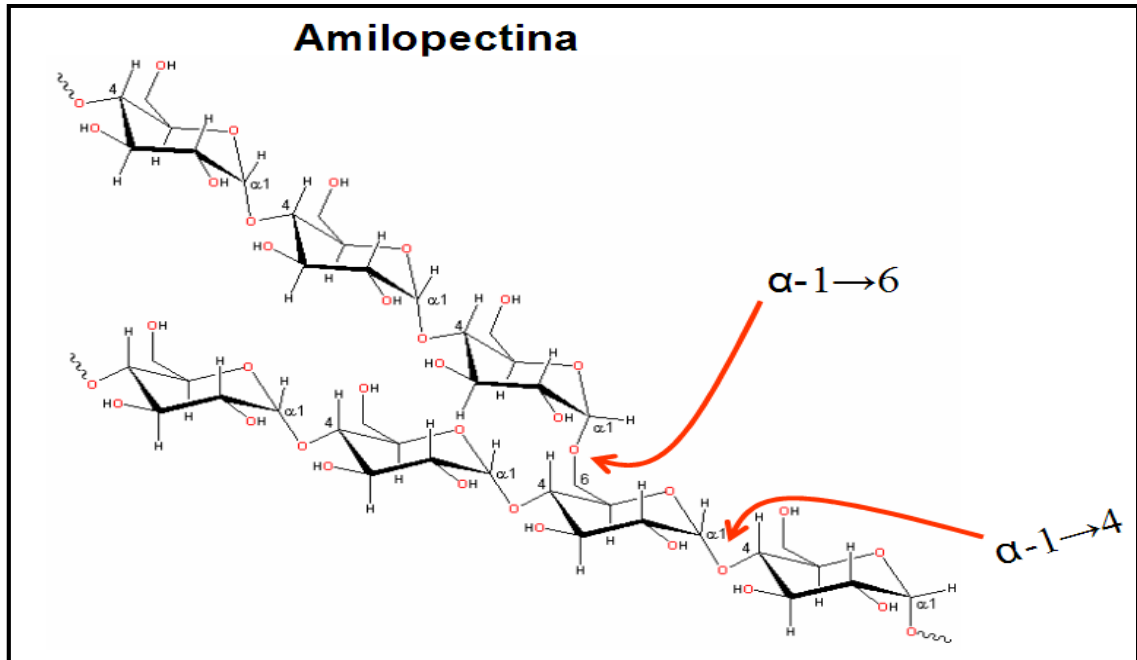


Figura 54. Estructura de amilopectina

El almidón está constituido por largas cadenas del azúcar sencillo glucosa, que no es fermentable mientras está unido a esas cadenas. La amilosa y la amilopectina están formadas a partir de residuos de glucosa; sin embargo, se diferencian notablemente en su estructura y, por lo tanto, en su capacidad de degradación durante el malteado y la maceración. Conforme avanza la degradación del almidón se van formando dextrinas que son cadenas de glucosa pero más cortas. Moléculas de dos glucosas forman la maltosa, que es muy fermentable. Lo que se busca es una degradación total del almidón, de tal forma que se obtengan la mayor cantidad de azúcares fermentables. En la estimación del poder diastásico uno se refiere al conjunto de actividad de todas las enzimas amilolíticas, como son la alfa-amilasa, beta-amilasa, glucosidasa, β -glucanasa, citadas entre otras. Por lo tanto, el método se basa en la reacción hidrolítica de estas enzimas sobre el almidón soluble, a partir de la cual se obtienen subproductos con extremos reductores.²

Las enzimas diastásicas más importantes en la malta son la beta y la alfa-amilasa.

La alfa-amilasa es una endoamilasa que puede romper los enlaces α (1-4) internos tanto de la amilosa como de la amilopectina formando una mezcla de dextrinas. La enzima alfa-amilasa es llamada enzima “dextrinogénica” por producir dextrinas. Reduce rápidamente la viscosidad del mosto licuando y rompiendo la capa de amilopectina en los enlaces glucosídicos α (1-4).

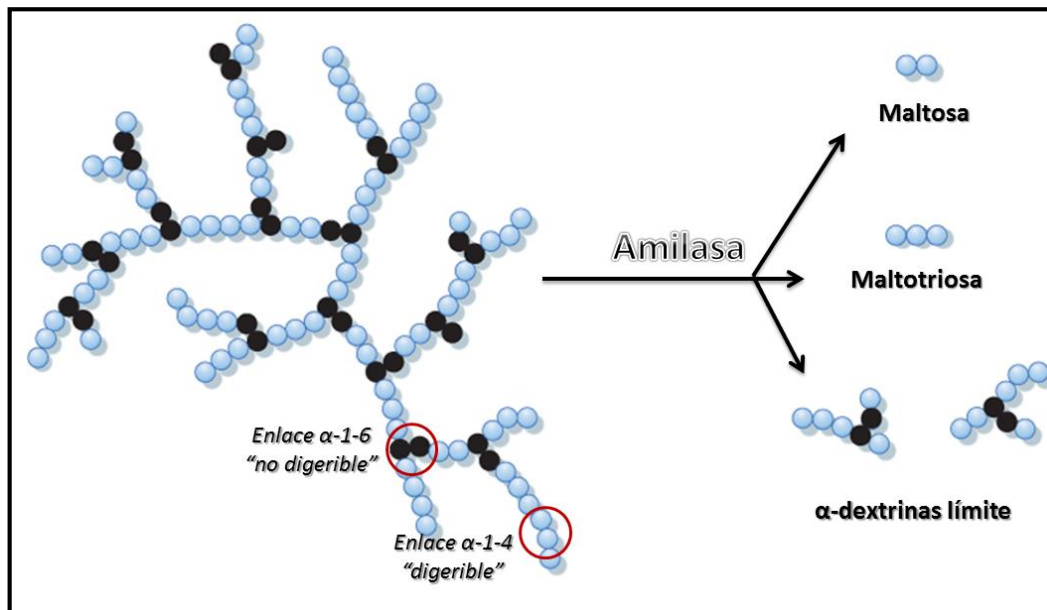


Figura 55. Acción de la amilasa en la amilopectina

La beta-amilasa es una exoamilasa. Es llamada enzima "sacarogénica" porque es responsable en gran medida de la "Sacarificación" (producción de azúcares fermentables) y depende para ello de la alfa-amilasa que en su acción le crea nuevos extremos no reductores y de la enzima dextrinasa límite. Rompe los enlaces α (1-6) desde el extremo no reductor.

Las denominaciones alfa (α) y beta (β) se refieren a las diferentes posiciones del hidrógeno (H) en el primer átomo de carbono (C1) de la molécula. En el enlace alfa (α) se representa hacia arriba, y en el beta (β) hacia abajo.

La producción de dextrinas por acción de la enzima alfa-amilasa permite que la enzima beta-amilasa acceda a todos los extremos no reductores de las dextrinas para descomponerlos en azúcares que la levadura puede usar.

El mosto obtenido de una malta bien modificada puede tener la siguiente composición de azúcares.⁶³

Tabla 18. Tipos de azúcares presentes en el mosto

Tipo de Sacárido	en % del extracto
Maltosa	41
Maltotriosa	14
Maltotetrosa	6
Sacarosa	6
Glucosa y Fructosa	9
Dextrinas	22
Hemicelulosas	2

La **dextrinasa límite** es una enzima desramificadora por su capacidad de romper los enlaces (1-6) (ramificaciones) que se encuentran en la amilopectina, produciendo nuevos puntos de unión para las amilasas. De esta manera se reduce la cantidad de dextrinas límite en el mosto aumentando el porcentaje de azúcares fermentables. Las dextrinas límites son cadenas de glucosa que contienen uniones (1-6) en su estructura y que no fueron convertidas por las amilasas alfa y beta. Aunque estas dextrinas no pueden ser utilizadas como sustrato para la levadura, sí pueden aportar dulzor a la cerveza y contribuyen a dar sensación de cuerpo en la misma.⁶⁴

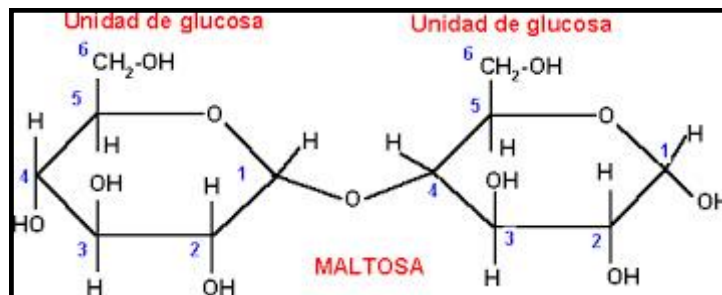


Figura 56. Maltosa

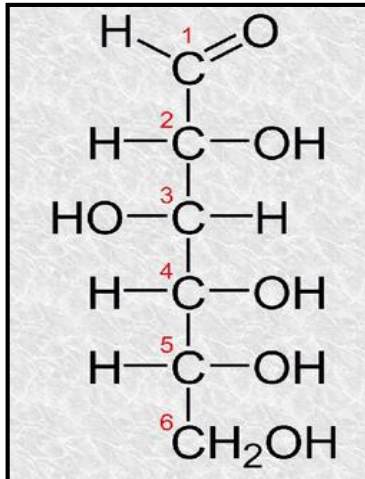


Figura 57. Estructura abierta de glucosa

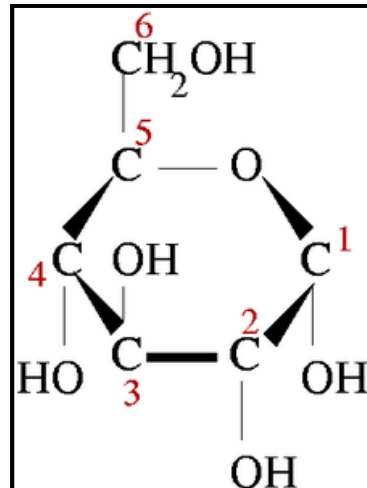


Figura 58. Estructura cíclica de glucosa

Las unidades de medida para el poder diastásico son el grado Lintner (°L) que estipula la ASBC en sus métodos de análisis; mientras que la European Brewery Convention (EBC) tiene como unidad de medida el grado Windisch-Kolbach (°WK). Esta unidad representa la cantidad de maltosa que se puede obtener a partir de 100 g de malta. Por ejemplo, un poder diastásico de 350 °WK significa que 100 g de malta pueden formar 350 g de maltosa.⁶¹

El valor de °WK puede ser convertido a °L por la siguiente fórmula:

$$^{\circ}\text{L} = (^{\circ}\text{WK} + 16)/3.5$$

Se recomienda trabajar con maltas 2H con un valor mínimo de poder diastásico de 120 °L (base seca); mientras que para maltas 6H el valor mínimo recomendado es de 140°L (base seca).

Por otra parte, es importante considerar que para el desarrollo de esta determinación se debe tener en cuenta que se emplea un tipo de almidón especial siendo la ASBC el único proveedor. Conviene enfatizar que este es el único producto disponible en el mercado para la evaluación de las enzimas diastásicas presentes en la malta.

El poder diastásico solo se determina en maltas base o normales.

Alfa-amilasa. La alfa amilasa es una enzima que se encuentra en el grano de cebada en cantidades poco apreciables y es producida durante la germinación. La cantidad de enzima se calcula en UD (Unidades Dextrinizantes). Una UD se define como la cantidad de alfa-amilasa que puede hidrolizar 1g de almidón soluble en una hora a 20°C en presencia de un exceso de beta-amilasa.

El valor mínimo de UD (base seca) es de 35. Esta determinación solo se aplica a maltas base.⁶¹

Color. La coloración del mosto es más afectada por el grado de secado a que se somete la malta verde. Esta determinación se debe efectuar inmediatamente después de obtener el mosto, pues la luz y la presencia de aire lo oxidan y obscurecen.²

En 1883 Joseph Williams Lovibond desarrolló el primer colorímetro el cual consistía en una serie de cartulinas coloreadas y graduadas que al ser comparadas con el color de la cerveza determinaban un valor aproximado. Nace así la escala de colores medida en grados Lovibond (°L) que se usó por mucho tiempo hasta que fue reemplazada por sistemas más modernos. Hoy día, casi no se usa en cervecerías, pero el término “grados Lovibond” es empleado a menudo por los fabricantes de maltas para describir el color que sus granos aportan al mosto.

La variación natural en la percepción de los colores de una persona a otra, puso en evidencia las limitaciones del sistema Lovibond y en 1958 fue reemplazado por el uso del espectrofotómetro de luz y la *American Society of Brewing Chemists* o ASBC establece como estándar el sistema de color *Standard Reference Method* o SRM. En Europa se había desarrollado otro sistema, el llamado *European Brewery Convention* o EBC que era usado originariamente como forma de comparación visual, pero la tecnología hizo que 25 años después adoptara el uso del espectrofotómetro de manera similar al SRM.

Actualmente existen dos métodos espectrofotométricos utilizados en la industria para clasificar los colores de la malta y la cerveza: el método americano o SRM utilizado por la ASBC y el método Europeo o EBC.

A continuación se define el número de SRM:

"La intensidad del color de la cerveza en una muestra sin turbidez es 10 veces la absorbancia de la cerveza medida en una celda de 1/2 pulgada con luz monocromática a 430 nm".

Los espectrofotómetros modernos usan cubetas o celdas de 1 cm en lugar de las de 1/2 pulgada. Cuando se usa una cubeta de 1 cm, la aplicación de la ley Bouguer-Beer-Lambert muestra que el multiplicador debe ser 12.7 en lugar de 10. Cuando el valor SRM para una cerveza o un mosto es aproximadamente de 30, la muestra se diluye con agua desionizada y se tiene que considerar el factor de dilución en la fórmula. Se diluye la muestra para que el color se encuentre dentro del rango de medición confiable del espectrofotómetro.

$$\text{SRM} = 12,7 \times A_{430} \text{ (absorbancia a 430 nm en 1 cm)}$$

Durante muchos años la escala SRM correspondía más o menos con la escala Lovibond y muchas veces se utilizan ambos términos indistintamente. Sin embargo, métodos analíticos modernos muestran que SRM y Lovibond difieren para obtener colores más oscuros. La comparación actual y vigente de los datos de EBC y Lovibond publicados muestra que la relación entre SRM y Lovibond ($^{\circ}\text{L}$) es:

$$\text{SRM} = (1.3546 \times ^{\circ}\text{L}) - 0.76$$

Los métodos que se usaron inicialmente en Europa para la medición del color de maltas y cervezas consistían en métodos de comparación visual. Estos métodos eran los que desarrollaron tanto el *British Institute of Brewing* o IOB como la EBC. Cuando ambos métodos quedaron obsoletos, se decidieron por el uso del espectrofotómetro al igual que la ASBC. Ambas instituciones tenían métodos diferentes basados en la medición de la absorbancia pero, en este caso, de un haz de luz de 530 nm de longitud de onda que corresponde a la región verde del espectro visible. En 1991 el sistema del IOB queda formalmente retirado aunque se sigue usando ocasionalmente dentro del Reino Unido. A partir de ese año el método de la EBC pasa a ser el estándar y se modifica adoptando, para sus mediciones, la

longitud de onda de 430 nm y una celda o cubeta de 1 cm. De esta manera el sistema EBC se vuelve muy similar al SRM diferenciándose solo en la unidad de color que, en el EBC, es 25 veces la absorbancia a 430nm (A430) en vez de las 12.7 veces del SRM. Con esta modificación, la conversión entre ambos sistemas se simplificó quedando las fórmulas siguientes:

$$\text{EBC} = \text{SRM} \times 1.97$$

$$\text{SRM} = \text{EBC} \times 0.508$$

Tener en cuenta esto último será importante al tener en nuestras manos algún libro europeo sobre cervezas anterior a 1991.⁶⁵ En la siguiente tabla se presentan los rangos de colores que se manejan para algunos tipos de malta en las tres escalas.

Tabla 19. Equivalencia de colores de maltas en las tres escalas

Tipo de Malta	Lovibond	SRM	EBC
Malta base	1.5-3	1.3-3.3	2.5-6.5
Munich	4-12	4.7-15.5	9.2-30.5
Cristal o Caramelo ligera	35-50	46.7-67.0	91.9-131.9
Cristal o Caramelo media	55-65	73.7-87.3	145.3-172.0
Cristal o Caramelo obscura	65-90	87.3-121.2	172.0-238.7
Cristal o Caramelo obscura extra	120-150	161.8-202.4	318.7-398.8
Negra	510-585	690.1-791.7	1359.5-1559.6



Figura 59. Comparador de color Lovibond



Figura 60. Espectrofotómetro UV-Visible

Viscosidad. La viscosidad del mosto es causada por la presencia de betaglucanos y pentosanos, formados por la acción de la enzima β -glucanasa sobre las paredes del endospermo.² Tanto los betaglucanos como los pentosanos presentes en la cebada forman gomas que son solubles en agua caliente. Los betaglucanos son un tipo de polisacárido formado por monómeros de glucosa, unidos mediante enlaces glucosídicos (1-3), (1,4) beta (β). En el caso de la cebada representan entre un 4 a un 7% del peso del grano. En la elaboración de la cerveza, el contenido total de betaglucanos decrece de la germinación de la cebada a malta por la acción de β -glucanasa. En la malta se degrada un 92% de betaglucanos, dependiendo en gran parte del tiempo de germinación. La solubilidad de betaglucanos incrementa durante el malteado, donde la mayoría de betaglucanos llegan a ser solubles.⁶⁶

Estos compuestos se disuelven o quedan suspendidos en el mosto dependiendo de la acción modificadora de la β -glucanasa. Si no hubo una buena modificación puede aumentar la viscosidad lo que es causa problemas en la filtración y en el almacenamiento de la cerveza por el mal aspecto que presenta el sedimento que forman.⁶⁴ Los betaglucanos de la cebada también tienen que ver con la turbidez en cerveza. Sin embargo, cierta cantidad de betaglucanos es siempre beneficiosa para la cerveza, brindándole cuerpo a la misma y estabilidad a la espuma, esto debido a la menor tensión superficial que pueden impartir.⁶¹

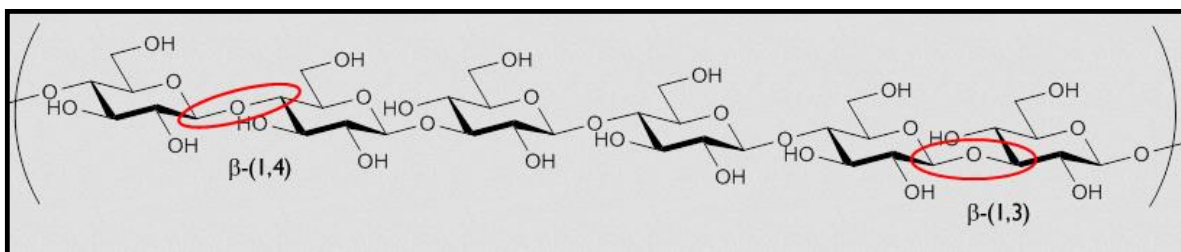


Figura 61. Estructura de betaglucano

La mayoría de los métodos para la determinación de betaglucanos son enzimáticos, lo cual implica que el tiempo de análisis sea muy largo y costoso. La medición de la viscosidad es un método mucho más sencillo, rápido y económico en comparación al enzimático e indirectamente nos indica el grado de modificación de betaglucanos.

Solo se determina en maltas base. El valor máximo de viscosidad recomendado es de 1.70 cP en maltas nacionales 6H mientras que para maltas importadas 2H y 6H el valor es de 1.55 cP.

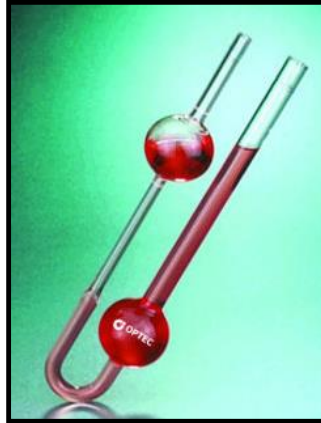


Figura 62. Viscosímetro de Ostwald

No se debe olvidar que el control de calidad inicia con la implementación de las buenas prácticas de manufactura y prácticas de higiene (NOM-251-SSA1-2009). Asimismo se deben llevar registros del monitoreo del proceso y de los diversos análisis. De igual forma, los cerveceros artesanales deben hacer uso de otra herramienta de gran utilidad que es la evaluación sensorial. El resultado de la combinación del análisis químico y sensorial es la implementación de un gran programa de control de calidad pues el uso de ambos permite una mayor comprensión y significado de los datos recopilados.⁶⁷

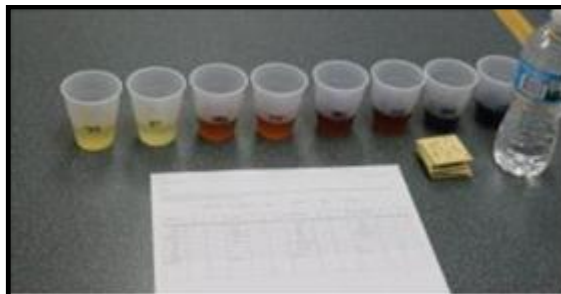


Figura 63. La evaluación sensorial como control de calidad

CONCLUSIONES

Tras haber trabajado durante 14 años dentro de la Industria Cervecera y con la única intención de poder contribuir a que los productores de cerveza artesanal logren comprender la importancia de incluir el control de calidad dentro de su proceso, me atrevo a sugerir una serie simplificada de análisis físico-químicos de la malta que, con base en la experiencia, considero que es factible y que puede preceder a un plan de control de calidad. Las determinaciones propuestas para el protocolo de calidad son: %humedad, %extracto, poder diastásico, alfa amilasa, color y viscosidad. Los microcerveceros deben valorar la necesidad de implementar sistemas que garanticen la calidad de sus productos de manera que los beneficios no solo se reflejan en la obtención de un producto de calidad controlada y estandarizada sino en la productividad en general. En este sentido, la perspectiva operativa cambia pues si se llevara a cabo un análisis costo beneficio asociado a la implementación de un laboratorio de control de calidad los efectos se verán reflejados directamente en un uso más eficiente de tiempo y recursos, se evitan o disminuyen los retrabajos, se observa un aumento en el cumplimiento de los estándares de calidad lo que genera confianza en el consumidor. Es de suma importancia elaborar manuales técnicos detallados que contengan especificaciones, métodos analíticos, recetas y variables de proceso.

Las expectativas del crecimiento y de la consolidación de la Industria de Cerveza Artesanal en México son altamente prometedoras. En el caso del sector agrícola, considero que el hecho de que ya no exista un intermediario que controle no solo la venta de la semilla sino también la venta del grano de cebada, traerá grandes beneficios pues la comercialización del grano de cebada ya se puede realizar directamente entre productores de cebada y cervecerías y, de esta manera, se podrán llegar a acuerdos comerciales más favorables.

Creo que otro evento de suma relevancia es la apertura de la primera maltera para las microcervecerías pues esta acción impactará directamente en la disminución de importaciones de malta por parte de las cervecerías artesanales. De este modo, el costo de producción de las cervezas artesanales se verá favorecido. Ciertamente es que esta primera maltera independiente no podrá satisfacer totalmente la demanda de

malta generada por la Industria de Cerveza Artesanal en el país, no obstante, es un aspecto motivador para el sector agroindustrial pues es el nacimiento de la cadena productiva de la cerveza artesanal. Esto se traduce en la creación de fuentes de empleo, forma parte de la economía formal del país y, con toda seguridad, será la primera de muchas malteras independientes en el país. Asimismo, impulsa el crecimiento del tan abandonado agro mexicano.

Me parece que los logros que ha cosechado la Industria Cervecera mexicana son un gran ejemplo para los cerveceros artesanales. Hoy por hoy, México es una potencia en el mercado mundial de la Industria Cervecera. Independientemente que la participación en el mercado nacional de las cervecerías artesanales sea menor al 1%, desde el 2010 presenta un crecimiento sostenido. Ya se exporta cerveza artesanal y, al igual que con la cerveza industrial, el principal país destino es Estados Unidos de América.

Debido al crecimiento acelerado de microcervecerías en México y a la calidad de sus productos, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos o USDA, creo yo, patrocinó el trabajo conjunto de cervecerías mexicanas y de cervecerías estadounidenses mediante la *Brewers Association*. La gran oportunidad que ofreció esta institución estadounidense a los cerveceros artesanales mexicanos trasciende en varios sentidos. La sinergia resultante entre productores mexicanos y estadounidenses, superó las expectativas pues en esa primera convocatoria del 2015 se lograron ocho cervezas colaborativas. Pienso que estas sociedades son sumamente enriquecedoras pues además del intercambio de conocimientos, técnicas, procesos y experiencias, se pueden crear vínculos comerciales. La frase que emplearon las 16 microcervecerías fue: “la buena cerveza no conoce fronteras”. Coincido que la resolución de la COFECE de quitar el control de los puntos de distribución a los dos grandes grupos cerveceros del país fue un factor detonante para la apertura de nuevas microcervecerías. Uno de los grandes problemas que enfrenta la Industria de Cerveza Artesanal en México es que la carga impositiva aplicable al gremio está fuera de proporción. Opino que no es congruente que paguen los mismos impuestos que las multinacionales pues a pesar que se trata del mismo producto, estas utilizan adjuntos en sus formulaciones para disminuir costos,

producen a gran escala, se apoyan de grandes campañas de mercadotecnia, sus procesos son muy eficientes y sus costos de producción son muy bajos. Se está trabajando para que el SAT modifique la estructura actual del IEPS y, de esta forma, lograr un precio mucho más competitivo en el mercado.

El cumplimiento a la NOM-199-SCFI-2017 constituye, a mi juicio, una oportunidad excelente para que las cervecerías artesanales puedan concebir al Control de Calidad como una parte inherente de su proceso de producción. Considero que, en primera instancia, podrían contratar el servicio de laboratorios de tercería dado que esta última acción requiere una menor inversión que la de montar un laboratorio analítico en sus plantas. Cabe aclarar que esta NOM aplica tanto a las microcervecerías como a las grandes cerveceras. No obstante, es imprescindible que los productores de cerveza artesanal den prioridad al establecimiento de un laboratorio de control de calidad en sus fábricas pues es la única vía por la cual podrán asegurar la consistencia dentro de su proceso y, de esta forma, lograrán obtener un producto de alta calidad. Es impostergable la necesidad de invertir tiempo y recursos en programas para garantizar la calidad. De modo que, a mi parecer, esta sería la cultura para predecir y prevenir.

Desde mi punto de vista, la producción de cerveza monástica en México coloca a los microcerveceros del país en una situación sumamente privilegiada pues ya tienen a su alcance el poder conocer y trabajar con monjes; los cuales están considerados entre los mejores cerveceros del mundo. Dentro de la práctica monástica de la elaboración de cerveza podemos resaltar varios aspectos de gran importancia para la convivencia humana como por ejemplo, la obtención y producción de nuestros propios alimentos, el valor de compartir, la necesidad de elaborar productos de calidad así como el poder preservar las tradiciones de nuestra cultura. Estoy convencida de que la cerveza es una de las cosas que la civilización debería agradecer al catolicismo.

Un hecho innegable es que la naciente Industria de Cerveza Artesanal en el país no solo busca vender cerveza, lo que realmente persigue es crear una cultura cervecera en la que se vean favorecidos diferentes sectores productivos en país. Desde el apoyo a pequeños productores de cebada, al establecimiento de nuevas plantas

malteras, el uso de energía solar y eólica en las plantas de producción así como la creación y propuesta de nuevos estilos de cerveza. Asimismo se busca fomentar el consumo responsable con la siguiente frase: “no queremos que la gente tome más, sino que tome bien”.

Es de admirar la iniciativa que tuvo la USDA de conjuntar empresas mexicanas con empresas estadounidenses. En mi opinión, deja una gran enseñanza: es preferible cooperar y no competir. Siguiendo en el mismo tenor, los productores de la cerveza colaborativa Mural Agua Fresca nos demuestran que “pintar un muro” es una forma de desafiar el intento de división de nuestros países.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-Fernández Vera Z., Nuevas variedades de cebada cerveceras adaptadas a México, recuperado en: <https://congresocebada.files.wordpress.com/2012/10/31-10-13-2-nuevas-variedades-de-cebada-cervecera-adaptadas-a-mc3a9xico.pdf>
- 2.-Figueroa Cárdenas J., Métodos para evaluar la calidad maltera en cebada. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, (p. 7,8,11,12,40-44,50,60,),México 1985.
- 3.- <http://www.cervezadeargentina.com.ar/articulos/maltas.htm>
- 4.- <https://republicacervecera.wordpress.com/2017/02/10/la-diferencia-entre-2-y-6h/>
- 5.- Atlas Agroalimentario SAGARPA Recuperado en: https://nube.siap.gob.mx/gobmx_publicaciones_siap/pag/2018/Atlas-Agroalimentario-2018
- 6.- Cadena Agroalimentaria de Cebada <https://www.yumpu.com/es/document/read/17337333/cebada-cofupro>
- 7.- FAOSTAT 2017
- 8.- Castañeda Alejandro, Producen cebada de calidad internacional, Zacatecas en Imagen, México, 2017. Recuperado en: <https://www.imagenzac.com.mx/nota/130251-Producen-cebada--de-calidad-internaciona>
- 9.- Recuperado en: <http://www.teotihuacanenlineadiario.com/2010/12/dona-josefa-nueva-variedad-de-cebada.html>

10.- Guía para cultivar cebada maltera de temporal en el estado de Hidalgo, Folleto para productores Núm. 8, 1997, INIFAP. Recuperado en:

<http://www.hidalgoproduce.org.mx/cebada2.pdf>

11.-Schwentenius Rinderman R., Reporte de Investigación Núm. 72, La Producción de cebada maltera en México-Ventaja comparativa no capitalizada-, Universidad Autónoma Chapingo, 2004, recuperado en:

http://ritaschwentenius.mx/publicaciones/Sistema-Productos/CEBADA-MALTA_Reporte_72.pdf

12.-Cierran expediente sobre competencia desleal en semilla para cerveza, 2017, recuperado en: <https://www.economista.com.mx/empresas/Cierran-expediente-sobre-competencia-desleal-en-semilla-para-cerveza-20170628-0129.html>

13.- Vázquez L., Acusan de monopolio a Impulsora Agrícola, 2015, recuperado en:

<https://periodicocorreo.com.mx/acusan-de-monopolio-a-impulsora-agricola/>

14.- <http://heinekenmexico.com/contenido/apertura-de-semillas>

15.- Sánchez S., Modelo producirá cebada en el país, para reducir la importación, 2016, recuperado en: <https://expansion.mx/empresas/2016/05/24/modelo-producira-cebada-en-el-pais-para-reducir-la-importacion>

16.- Recuperado en: <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/1375762.grupo-modelo-subira-produccion-de-cebada.html>

17.- Latham Michael, Nutrición humana en el mundo en desarrollo, Colección FAO: Alimentación y nutrición Núm. 29, Roma 2002, recuperado en:

<http://www.fao.org/docrep/006/w0073s/w0073s0u.htm>

18.- Recuperado de: <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170283/nutrients>

19.- Recuperado de: <https://www.farmacia.bio/cebada/>

- 20.- Recuperado de:
https://barleyworld.org/sites/barleyworld.org/files/final_cebadacistue_et_al_2012.pdf
- 21.-Recuperado de: <https://gobarley.com/health-nutrition/>
- 22.-Recuperado de: <https://www.gob.mx/agricultura/acciones-y-programas/programas-sader-2019-194732>
- 23.- Recuperado de: <https://www.gob.mx/aserca/que-hacemos>
- 24.- Recuperado de:<https://www.fira.gob.mx/Nd/ProgramasSAGARPA.jsp>
- 25.- Rios Maricruz, La voz de Michoacán, México, 2018. Recuperado en:
<http://www.lavozdemichoacan.com.mx/dinero/sagarpa-y-el-banco-mundial-daran-apoyos/>
- 26.- Ruiz María de los Ángeles, El análisis de tetrazolio en el control de calidad de semillas, caso de estudio: cebadilla chaqueña. Ediciones INTA (Instituto de Nacional de Tecnología Agropecuaria), publicación técnica Núm. 77, Argentina, 2009.
Recuperado de: <https://inta.gob.ar/documentos/el-analisis-de-tetrazolio-en-el-control-de-calidad-de-semillas.-caso-de-estudio-cebadilla-chaquena>
- 27.-Mark Joshua J., Beer in the ancient world, Ancient History Encyclopedia, 2011.
Recuperado en: <https://www.ancient.eu/article/223/beer-in-the-ancient-world/>
- 28.-Guía Cervecera el Gourmet México 2016. (p.12,17-22, 44-45,78)
- 29.-Barbado José L., Secretos de la Cerveza Casera, (p.8-14), Edit. Albatros, 1ª edición-1ª reimpresión,Argentina, 2011.
- 30.-“El Himno a Ninkasi”, la receta de cerveza más antigua de la historia”.
Recuperado en: <https://www.thebeertimes.com/el-himno-a-ninkasi-la-receta-de-cerveza-mas-antigua-de-la-historia/>

31.-Bojórquez Amparo, Cinco datos que no sabías de la cerveza, El Universal, México, 2017. Recuperado en:
<http://www.eluniversal.com.mx/articulo/menu/2017/01/20/5-datos-que-no-sabias-de-la-cerveza>.

32.-Historia de la cerveza. Recuperado en:
<https://forum.paradoxplaza.com/forum/index.php?threads/historia-de-la-cerveza.246140/>

33.-Vogel Wolfgang, *Elaboración casera de cerveza*, (p.1-3), Edit. Acribia, España, 2013.

34.-Reyna María del Carmen; Krammer Jean-Paul, Apuntes para la historia de la cerveza en México, Secretaría de Cultura, Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, 2017. Recuperado en:
<https://books.google.com.mx/books?id=yYpnDwAAQBAJ&pg=PT4&dq=apuntes+para+la+historia+de+la+cerveza+en+m%C3%A9xico&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiGyemriZDdAhUIVa0KHb8nC1sQ6AEIKjAA#v=onepage&q=apuntes%20para%20la%20historia%20de%20la%20cerveza%20en%20m%C3%A9xico&f=false>

35.- Recuperado en: <https://ich.unesco.org/es/RL/la-tradicion-cultural-cerveceras-en-belgica-01062>

36.- Recuperado en: <https://www.loyolapress.com/our-catholic-faith/prayer/arts-and-faith/culinary-arts/how-monks-revolutionized-beer-and-evangelization>

37.- Recuperado en: <http://www.lutega.com/pdf/guiacultivo.pdf>

38.- Recuperado en: <http://cerveteca-jab.blogspot.com/2012/08/la-cerveza-en-la-edad-media-y-el-clero.html>

39.- Recuperado en: <https://www.thebeertimes.com/lupulo-una-revolucion-que-comenzo-en-la-edad-media/>

40.-Recuperado en: <https://www.thebeertimes.com/louis-pasteur-y-emil-christian-hansen-los-doctores-de-la-cerveza/>

41.-Recuperado en:

https://www.clubplaneta.com.mx/bar/historia_de_la_cerveza_en_mexico.htm

42.-Garibay G. Mariano; López-Munguía C. Agustín, *Biotecnología Alimentaria*, (p. 271-272), Edit. Limusa, México, 2013.

43.-Recuperado en: <http://vivalachela.mx/cultura-cervecera/historia-de-la-cerveza/historia-de-la-cerveza-en-mexico/>

44.- ¿De dónde surge el boom de la cerveza artesana? Recuperado en:

<http://www.mondore.es/blog/de-donde-surge-el-boom-de-la-cerveza-artesana/>

45.- Calvillo E.; La cerveza artesanal una experiencia multisensorial, Deloitte, México, 2017. Recuperado en:

<https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/mx/Documents/consumer-business/2017/Cerveza-Artesanal-Mexico-2017>

46.- Estado de la Industria de la Cerveza Artesanal 2016-2017. Recuperado en:

<https://acermex.org/cerveza-artesanal/>

47.-Frenan a duopolio cervecero; abren la puerta a las artesanales. Recuperado en:

<https://www.animalpolitico.com/2013/07/cfc-pone-freno-a-cervecerias-modelo-y-cuauhtemoc/>

48.-Grande G., Exporta solo 5% de cerveceras artesanales en México, Milenio,

México, 2017. Recuperado en: <http://www.milenio.com/negocios/exporta-solo-5-de-cerveceras-artesanales-en-mexico>

49.- Mota M., Tiene Jalisco 34% más cerveza artesanal, Reforma, México, 2017.

Recuperado en: <https://www.reforma.com>

- 50.-Castro M., ¿Por qué la cerveza artesanal es tan cara?, Milenio, México, 2016.
Recuperado en: <http://www.milenio.com/negocios/por-que-la-cerveza-artesanal-es-tan-cara>
- 51.- Tipos de malta y su utilización en la cerveza. Recuperado en:
<https://www.cerveza-artesanal.co/tipos-de-malta-y-su-utilizacion-en-la-cerveza/>
- 52.- Quiroga F.M., Nace la primera maltería independiente del país, Forbes, 2018.
Recuperado en: <https://www.forbes.com.mx/nace-la-primer-malteria-independiente-del-pais/>
- 53.- Nava D., El Financiero, Heineken y Modelo se “beben” a las cerveceras artesanales. Recuperado en: <http://www.elfinanciero.com.mx/empresas/heineken-y-modelo-se-beben-a-las-cerveceras-artesanales>
- 54.- Recuperado en: <https://www.brewersassociation.org/export-development-program/research-study-on-the-mexican-craft-beer-market/>
- 55.- Recuperado en:<http://amantesdelacerveza.club/2017/11/01/presentara-8-cervezas-colaborativas-mexico-eu/>
- 56.- Recuperado en:<http://vivalachela.mx/2018/03/09/mural-agua-fresca-mas-que-una-cerveza-colaborativa/>
- 57.- Recuperado en: https://www.kirinholdings.co.jp/english/news/2018/0809_01.html
- 58.-Amador O., México apuntaló en 2018 su liderazgo en el sector cervecero, El Economista, México, 2019. Recuperado en:
<https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Mexico-apuntalo-en-2018-su-liderazgo-en-el-sector-cervecero-20190305-0164.html>
- 59.- Recuperado en: <http://www.worldstopexports.com/beer-exports-by-country/>
- 60.-Recuperado en: <http://blog.brewingwithbriess.com/understanding-a-malt-analysis/>

61.-Recuperado en: <http://www.somoscervecedores.com/wp-content/uploads/2013/08/Protocolos-de-Calidad-de-Malta.pdf>

62.-Kunze W., *Tecnología para cerveceros y malteros*, VLB Berlín, Primera Edición en Español, (p. 41-43), 2006.

63.-Mallett J., *Malt: A Practical Guide from Field to Brewhouse*. Recuperado en: https://books.google.com.mx/books?id=w-8sCQAAQBAJ&pg=PT93&lpg=PT93&dq=what+is+the+reason+for+use+beta+amylase+enzyme+in+starch+solution+for+diastatic+power?&source=bl&ots=CyE1UPIWJC&sig=PIAYnAC0elkSEgRIMweBgehoagY&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwiN9-_Vx4TfAhWkMX0KHWFiChYQ6AEwCXoECAAQAQ#v=onepage&q=what%20is%20the%20reason%20for%20use%20beta%20amylase%20enzyme%20in%20starch%20solution%20for%20diastatic%20power%3F&f=false

64.- Gigliarelli P., *Teoría de la maceración*. Recuperado en: <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=376>

65.- Gigliarelli P., *El color de la cerveza*. Recuperado en: <http://www.revistamash.com/2017/detalle.php?id=350>

66.-Rivera A., *Cuantificación de beta-glucanos en diferentes especies de hongos:Hongo Robellón (Lactarius deliciosus), Hongo Blanco (Boletus edulis), Champiñón (Agaricus bisporus) y Shiitake (Lentinus edodes) y cuantificación de arabinoxilanos en malta y bagazo de cerveza*. Recuperado en: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/4221/1/T-SENESCYT-01489.pdf>

67.-Bushman Z., *Building a Balanced Quality Program*. Recuperado en: <https://www.gastrograph.com/blogs/gastronexus/building-a-balanced-quality-program.html>

68.-Suberbie M. Felipe, *La Industria Maltera y la Cebada en México*, 1967, LXXX Convención de la Asociación de Maestros Cerveceros de América, México, D.F.

ÍNDICE DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Producción mundial de cereales en 2017	16
Gráfica 2. Principales países productores de cebada en 2017	23
Gráfica 3. Volumen de la producción nacional de cebada	24
Gráfica 4. Evolución del valor de importaciones de cebada en México	26
Gráfica 5. Apertura de nuevas microcervecerías en México	71
Gráfica 6. Venta de Cerveza Artesanal en México	71
Gráfica 7. Producción de cerveza en México	79
Gráfica 8. Principales países productores de cerveza en el mundo en 2017	80
Gráfica 9. Participación en exportaciones de cerveza en 2018	81
Gráfica 10. Exportaciones de cerveza en México	82

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Figura 1	9
http://www7.uc.cl/sw_educ/cultivos/cereales/cebada/inflores.htm	
Figura 2	13
http://olimpia.cuautitlan2.unam.mx/semillas/index.php?option=com_content&view=article&id=19&Itemid=23	
Figuras 4-8	19
https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257069/Potencial-Cebada.pdf	
Figura 9	23
https://proyectopuente.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/bandera-de-rusia.jpg	
Figura 10	23
https://tecreview.tec.mx/wp-content/uploads/2017/02/BANDERA-CUATRO-696x462.jpg	
Figura 11	38
https://expertosengranosysemillas.files.wordpress.com/2018/10/sampler-with-10-12-holes.png	
Figura 12	38
http://degeschmexico.com/wp-content/uploads/2015/10/image15.jpeg	
Figura 13	38
http://kyaserv.com.ar/web/wp-content/uploads/2014/09/fabrica-de-balanzas-gama-6.jpg	
Figura 14	38
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQgZoWqigAgTQcvLqD7ywNXPZNTIGHrUbn83QLqfUCfzLoRAArN	
Figura 15	39
http://www.mgmagrocalibracion.com.mx/productos/producto/Boerner%20Seedburo.png	
Figura 16	39
https://www.crmfginc.com/images/remote-grain-truck-probe320x330.jpg	

Figura 17	40
http://www.fao.org/3/X5027S/x5027S1H.GIF	
Figura 18	42
http://www.ediagro.com/imagenes/burrows750.jpeg	
Figura 19	44
https://www.buhlergroup.com/static/southamerica/es/media/02-Process_Technologies/Grainsorting_Barleyraw_defect_001.jpg	
Figura 20	45
https://expertosengranosysemillas.files.wordpress.com/2018/11/vaso-hectol.jpg?w=242&h=300	
Figura 21	48
https://expertosengranosysemillas.files.wordpress.com/2019/03/barley-hand-sieves-for-grading-2-2018-e1541880493623-3.jpg?strip=all&w=890	
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcQKzabS7u_Dv9efIT9PgpM3ZsDwRCupECTG-h5WICww5VlbkDsO	
Figura 22	49
https://www.gipsa.usda.gov/vri/barley_5.aspx	
Figura 23	49
https://www.gipsa.usda.gov/vri/barley_3.1.aspx	
Figura 24	50
http://www.biokemi.org/assets/491/brewing_1.jpg	
Figuras 25-28	50
https://www.gipsa.usda.gov/fgis/educout/GradingMats/Spanish%2008062014.pdf	
Figura 29	54
https://studylib.es/doc/4567025/actividad-metabolica	
Figura 30	55
https://ai2-s2-public.s3.amazonaws.com/figures/2017-08-08/cc803a35b268d3e14cb96994461b48c838efa9c9/7-Figure1-1.png	

Figura 31	57
https://munchies-images.vice.com/wp_upload/uruk-beer-paycheque.jpg?crop=1xw%3A0.6908532643826761xh%3Bcenter%2Ccenter&resize=2000%3A*	
Figura 32	58
https://historiadelacervezablog.wordpress.com/2016/12/01/origenes-historicos-de-la-cerveza/	
Figura 33	61
https://www.ancient-origins.es/noticias-historia-arqueologia/hermanos-cervecedores-franceses-monjes-benedictinos-elaboran-una-cerveza-tradicional-seg%C3%BAAn-una-antigua-003968	
Figura 34	63
http://www.aam.org.ar/descarga-archivos/boletin212FINAL.pdf	
Figura 35	63
https://i2.wp.com/vinoandwine.net/wp-content/uploads/2016/04/ecuacic3b3n-fermentacic3b3n-alcohc3b3lica.jpg?resize=609%2C165	
Figura 36	70
https://www.centralbier.com.ar/como-hacer-cerveza/	
Figura 37	73
https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn:ANd9GcTsd4aIIC6VZF3Cv_G_C9kvBgqY0GrgGfRMI FgkMbEJli4LmoA7tQ	
https://www.unigis.com/wp-content/uploads/2019/01/desarrollo-sustentable.jpg	
https://www.cervezartesana.es/pub/media/wysiwyg-m1/Los ingredientes de la cerveza artesana.jpg	
http://c1100076.ferozo.com/roy/wp-content/uploads/2018/12/pico-brasserie-easy-50_2136.jpg	
https://image.flaticon.com/icons/svg/61/61584.svg	
Figura 38	75
http://www.euita.upv.es/varios/biologia/images/Figuras_tema17/Figura17_10.jpg	

Figura 39	76
https://germansbrewery.files.wordpress.com/2013/03/maltcomparison2161.jpg	
Figura 40	79
https://vivalachela.mx/wp-content/uploads/2018/03/2_mural_sanjuan-1024x682.jpeg	
Figura 41	80
https://cdn-3.expansion.mx/dims4/default/79b4665/2147483647/strip/true/crop/2489x1721+0+0/resize/800x553!/quality/90/?url=https%3A%2F%2Fcherry-brightspot.s3.amazonaws.com%2Fcc%2Fd0%2Fe0bb464c432abf27646973829173%2Fshutterstock-310168598.jpg	
Figura 42	86
https://http2.mlstatic.com/horno-de-laboratorio-de-conveccion-de-gravedad-digital-D_NQ_NP_739183-MCO26556863586_122017-F.jpg	
Figura 43	86
https://theconstructor.org/wp-content/uploads/2013/11/Oven-dry-450x306.jpg	
Figura 44	86
http://www.ipem.pr.gov.br/arquivos/File/producao_cientifica/seminario_graos_foz/foz_1_enrique	
Figura 45	86
https://www.tplaboratorioquimico.com/wp-content/uploads/2014/12/desecadora-282x300.jpg	
Figura 46	86
http://www.furlab.com.br/ libs/imgs/final/232.jpg	
Figura 47	87
http://www.buhlergroup.com/static/europe/es/media/03-Products/Product_DLFU_Labor-Scheibenmuehle.jpg	
Figura 48	87
http://1.bp.blogspot.com/-KkrzQVVKQbl/UfWxXPGzsCI/AAAAAAAAAXE/PMhfTRcY6nk/s1600/macerador.png	
http://intainforma.inta.gov.ar/wp-content/uploads/2018/06/lab-cebada-2.jpg	

Figura 49	87
https://s3.amazonaws.com/growlermag-media/G45_QualityAssuranceQualityControl-KDK-June-2017-23.jpg	
Figura 50	88
https://julabo.us/wp-content/uploads/2017/05/sw23-julabo.jpg	
Figura 51	88
http://abendrothbolivia.com/aisatec/wp-content/uploads/2015/08/PICNOMETRO-SEGUN-GAY-LUSSAC.jpg	
Figura 52	89
http://libroelectronico.uaa.mx/Media/figura-1211_med_hr.jpeg	
Figura 53	89
https://cdn.educ.ar/dinamico/UnidadHtml_get_962a0e33-68a2-4eb2-bf49-5f7c2750fff4/15005-edi/data/a27ff8cf-c850-11e0-828d-e7f760fda940/imagenes/image008.jpg	
https://chem.libretexts.org/@api/deki/files/26100/16.9.jpg?revision=1&size=bestfit&width=622&height=438	
Figura 54	90
https://www.fio.unicen.edu.ar/usuario/gmanrique/images/CarbohidratosII_Apunte.pdf	
Figura 55	91
http://3.bp.blogspot.com/_J7c3WDJvLaQ/VQ2tVBlu3LI/AAAAAAAAAmc/tGEVoQnZIII/s1600/Amilopectina_digesti%C3%B3n.png	
Figura 56	92
https://www.portaleducativo.net/biblioteca/carbohidratos_4.jpg	
Figura 57	93
http://www.bionova.org.es/biocast/documentos/figura/figtem08/ejerfigura0802.jpg	
Figura 58	93
http://www.ircservices.com/upload/e/fd/efd6d54a086bff9e6045ccddcbc6654a.png	
Figura 59	96
https://5.imimg.com/data5/UQ/IC/MY-7491078/lovibond-colour-comparator-500x500.jpg	

Figura 60	96
https://www.dhresource.com/0x0s/f2-albu-g7-M01-CB-25-rBVaSVu8daSAL1fBAAPyZvfPni8570.jpg/uv1800-uv-espectrofot%C3%B3metro-visible-ct-rejilla-monocromador-ancho-de-banda-espectral-rango-fotom%C3%A9trico-de-2-nm:-0.3a-3a.jpg	
Figura 61	97
https://www.megazyme.com/images/default-source/product-profile/mixed-linkage-beta-glucan.png?sfvrsn=9f8279ad_0	
Figura 62	98
https://3.imimg.com/data3/TI/NI/MY-5575283/ostwald-viscometer-500x500.jpg	
Figura 63	98
https://slideplayer.com/slide/12350073/74/images/12/Tools+For+Malt+Sensory+How+To+Perform+Evaluation.jpg	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Comparación entre los tipos de cebada	12
Tabla 2. Calendario agrícola para la producción de cebada en México	15
Tabla 3. Clasificación de la cosecha de cebada	17
Tabla 4. Fechas de siembra para cebada Esmeralda	18
Tabla 5. Producción mensual nacional (%) en 2017 de cebada	24
Tabla 6. Principales Entidades productoras de Cebada en 2017	25
Tabla 7. Valor nutritivo de la cebada	28
Tabla 7a. Contenido de Aminoácidos esenciales del grano de cebada	29
Tabla 8. Ajuste al precio de cebada en recepción por porcentaje de Humedad	42
Tabla 9. Ajuste al precio de cebada en recepción por porcentaje de Impurezas	43
Tabla 10. Medidas del embudo para determinar peso hectolítrico	45
Tabla 11. Ajuste al precio de cebada en recepción por porcentaje del tamaño del grano	47
Tabla 12. Ajuste al precio de cebada en recepción por porcentaje de granos desnudos y/o quebrados	52
Tabla 13. Cronología del establecimiento de cervecerías en México	66
Tabla 14. Cronología del establecimiento de cervecerías en América Latina	67
Tabla 15. Consumo de bebidas en México	77
Tabla 16. Límites permisibles para algunas especificaciones en cerveza	83
Tabla 17. Relación del extracto con el grado de modificación	87
Tabla 18. Tipos de azúcares presentes en el mosto	92
Tabla 19. Equivalencia de colores de maltas en las tres escalas	96