

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO**



**INSTITUTO DE CIENCIAS DE LA SALUD**



**EVALUACIÓN NUTRIMENTAL DEL SEDIMENTO DE  
CERVEZA ELABORADA CON CEBADA MALTERA.**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADA EN NUTRICIÓN**

**PRESENTA:**

**IRACEMA SANTIAGO SÁNCHEZ**

**BAJO LA DIRECCIÓN DE:**

**DRA. ALMA DELIA ROMÁN GUTIÉRREZ**

**PACHUCA DE SOTO, HIDALGO. 2008**



# LICENCIATURA EN NUTRICIÓN

## SEXTA GENERACIÓN

El presente trabajo de investigación fue financiado por el Programa Anual de Investigación (PAI) de la UAEH en la convocatoria 2006 y se realizó en los laboratorios de Alimentos I, Microbiología y de Pruebas del Centro de Investigaciones Químicas (CIQ) de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.



Parte de este trabajo de investigación ha sido publicado en los siguientes foros científicos:

- \* **Congreso Internacional, 2007**
- \* **Foro de Química en Alimentos, 2007**

## DEDICATORIAS

A ti Dios por darme la vida y por permitirme llegar a donde estoy. Por que sin ti nada sería posible.

A mis papis queridos Esther y Efrén por su apoyo incondicional, se lo mucho que me quieren, no necesitan decirlo, los hechos lo demuestran. Reconozco el esfuerzo que hacen para que salga adelante. No tengo palabras para compensarles. Se que sin ustedes esto habría sido difícil de alcanzar. Son y serán parte de mis logros. Los quiero mucho.

A mi esposo Toño por llenar mi vida de amor, paciencia y alegría. Por las veces que te desvelaste ayudándome con los trabajos de la escuela y por darte tiempo y espacio para estar a mi lado apoyándome en todo momento... Se que este es el inicio de muchas metas más que juntos compartiremos. Este logro es un cimiento más de nuestro palacio.

Te AMO mi Flaquito!!

A mi pequeña Fátima Isamara que es el regalo más grande que me ha dado Dios, quien me inspira a ser mejor. Te dedico esta parte de mí, porque durante 9 meses me acompañaste a la escuelita y te portaste muy bien. Quiero que mis logros y mis actos sean una pequeña fuente de inspiración en tu vida.

A mi hermanito Gari, porque hemos compartido muchos momentos alegres y tristes, por las veces que juntos salimos a divertirnos como los mejores amigos, por cuidar tanto de mi y de mi Fátima, te QUIERO muchísimo y eres parte de este logro. Se que pronto estaremos celebrando tus metas escolares. ÁNIMO!! se que también lo vas a lograr.

A mis tíos Ma. Zita y Abraham por su cariño, por brindarme su ayuda, por darme consejos. Tío te quiero muchísimo, gracias por hacerme sentir parte de tu familia, por prepararme el desayuno y llevarme al autobús, nunca lo olvidaré. SIEMPRE has sido un pilar muy importante en mi vida. Son parte de esta meta y lo serán de muchas más.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis Papás:

Se que mucho se los debo a ustedes, GRACIAS por impulsarme para alcanzar mis sueños, ya lo estoy logrando. Que Dios los bendiga y permita me sigan viendo triunfar

A mi Esposo:

Por tu apoyo para alcanzar esta meta. Por animarme cuando sentía que ya no podía. Por dibujar una sonrisa cuando me veías llorar. GRACIAS por hacerme sentir la mejor

A mi Directora:

Dra. Alma Delia por darme la oportunidad de ser parte de su proyecto. Gracias por la confianza de recibirme en su casa para las revisiones y permitirme convivir con sus pequeños.

A los Doctores:

Francisco Prieto por su dedicación y compromiso con mi trabajo de investigación. Gracias por nunca decir “no puedo”. Es un claro ejemplo de la puntualidad y el orden.

Javier Castro por su apoyo en la parte microbiológica, por prestarme material. Gracias por su tiempo, ayuda y por alentarme cuando más preocupada estuve.

Ernesto Alanís por su comprensión y apoyo para agilizar los trámites. Por su buen carácter para atenderme en su cubículo a pesar de sus múltiples ocupaciones.

Al Programa Anual de Investigaciones (PAI) por el apoyo económico que aportó durante este periodo, lo que permitió realizar este trabajo de investigación.

A mis suegros:

Ernesto y Paty por su apoyo invaluable para que Toño y yo sigamos adelante. Paty jamás podré compensar su tiempo y dedicación. GRACIAS por dejar mucho para estar con nosotros. Este trabajo también lo comparto con ustedes.

A mi comadre Mirza y mi cuñado Edgar, por su apoyo y por su amistad. Gracias por unir esfuerzos y ser parte de este equipo Lazcano-Santiago. Los quiero mucho!!

Y a todas las personas que de una y más formas me brindaron su apoyo para ver terminado este trabajo.

## INDICE GENERAL

DEDICATORIAS	i
AGRADECIMIENTOS	ii
INDICE GENERAL	iii
INDICE DE TABLAS	vii
INDICE DE FIGURAS	viii
I. RESUMEN	1
II. INTRODUCCIÓN	3
III. ANTECEDENTES	5
3.1 Aspectos generales de la cebada	5
3.1.1 Principales usos de la cebada	6
3.1.2 Producción de cebada	7
3.2 Proceso de Malteado	7
3.3 Elementos básicos para la elaboración de cerveza	12
3.4 Composición de la cerveza	20
3.5 Valor calórico	24
3.6 Tipos de cerveza	24
3.7 Producción mundial y nacional de cerveza	25
3.8 Propiedades nutricionales de la cerveza	26
3.8.1 Alcohol	27
3.8.2 Folatos	27
3.8.3 Fibra soluble	28
3.8.4 Maltodextrinas	29
3.8.5 Hidratación y equilibrio osmótico	30
3.9 Levadura	30
3.9.1 Estructura de la célula de la levadura cervecera	31
3.9.2 Metabolismo de la levadura	32
3.9.3 Floculación	35
3.9.4 Extracto de levadura de cerveza	36
3.10 Importancia de los constituyentes del sedimento de cerveza	38
3.10.1 Proteínas	38
3.10.2 Hidratos de carbono	40

3.10.3 Minerales	41
3.10.4 Vitaminas	49
3.11 Evaluación nutricional del sedimento de cerveza	54
IV. Problema de investigación	58
V. Justificación	58
VI. Objetivos	60
6.1 Objetivo general	60
6.2 Objetivo específico	60
VII. Hipótesis	60
VIII. Materiales y métodos	61
8.1 Materia prima	61
8.2 Métodos	61
8.2.1 Siembra y conteo de levaduras	61
8.2.2 Determinaciones analíticas	62
8.2.2.1 Humedad	62
8.2.2.2 Proteínas	63
8.2.2.3 Hidratos de carbono	64
8.2.2.4 Minerales y elementos traza	64
8.2.2.5 Vitaminas hidrosolubles	64
8.3 Análisis de resultados	65
IX. Resultados y discusiones	66
9.1 Evaluación del estado fisiológico y la reproducción de la levadura después de la fermentación	66
9.2 Porcentaje de humedad	67
9.3 Determinación del contenido nutrimental de los principales componentes del sedimento de cerveza	68
9.3.1 Proteínas	69
9.3.2 Hidratos de carbono	70
9.3.3 Minerales y elementos traza	71
9.3.4 Vitaminas hidrosolubles	74
X. Conclusiones y perspectivas	78
10.1 Conclusiones	78
10.2 Perspectivas	80
XI. Bibliografía	81

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla</b>	<b>página</b>
1. Composición química del grano de cebada	6
2. Composición típica del mosto como % de sólidos totales	14
3. Tipos de análisis realizados a la cerveza terminada	20
4. Concentraciones de vitaminas	23
5. Características relevantes de algunos tipos de cervezas	24
6. Iones que afectan el metabolismo de la levadura	35
7. Fuentes ricas de proteína	39
8. Fuentes ricas de hidratos de carbono	41
9. Fuentes ricas de calcio	42
10. Fuentes ricas de sodio	44
11. Fuentes ricas de potasio	45
12. Fuentes ricas de magnesio	46
13. Fuentes ricas en hierro	48
14. Fuentes ricas de tiamina	49
12. Fuentes ricas en riboflavina	51
16. Fuentes ricas en vitamina B <sub>6</sub>	52
17. Fuentes ricas en folatos	54
18. Contenido de levaduras/g de sedimento según estado fisiológico	66
19. Resultados de los macroconstituyentes a diferentes concentraciones de inóculo (D.E)	68
20. Resultados de análisis de minerales en sedimento (D.E)	72
21. Resultado de análisis de elementos traza (D.E)	72
22. Resultados del análisis de vitaminas hidrosolubles a diferentes concentraciones de inóculo.	75

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>página</b>
1. Esquema de la planta de cebada	5
2. Diagrama generalizado del proceso de malteado y tostado	11
3. Ciclo glucolítico de Embden-Meyerhof-Parnas	15
4. Diagrama generalizado de la elaboración de cerveza	19
5. Ciclo biológico de <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	32
6. Diluciones de la muestra para el conteo de levaduras	62

## GLOSARIO

**Ácidos grasos insaturados:** ácido graso que contiene uno o más dobles enlaces.

**Anemia:** deficiencia en el diámetro, en el número de eritrocitos o en la cantidad de hemoglobina que contienen, que limita el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono entre la sangre y las células de los tejidos.

**Anemia megaloblástica:** Anemia caracterizada por la presencia de eritrocitos grandes inmaduros y anormales en la médula ósea; causado por deficiencia de ácido fólico o de vitamina B<sub>12</sub>.

**Anemia microcítica:** anemia caracterizada por eritrocitos menores de lo normal y una cantidad disminuida de hemoglobina circulante; es característica de la deficiencia de hierro.

**Beri beri:** enfermedad por deficiencia de tiamina. Se clasifica en: seco, húmedo y cardiaco.

**Diverticulosis:** Presencia de divertículos que son evaginaciones de la mucosa a través de las capas musculares de la pared del colon.

**Estomatitis:** inflamación de la lengua.

**Fibra dietética:** monto de materia vegetal que resta después del tratamiento con enzimas digestivas y reducción con ácidos alcalinos.

**Fibra soluble:** pectinas, gomas, mucilagos y algunas hemicelulas que forman geles con agua.

**Fibra insoluble:** celulosa y algunas hemicelulosas que no se disuelven en agua.

**Glositis:** inflamación de la lengua.

**Hipoglucemia:** disminución de la concentración glucosa en la sangre por debajo de los límites normales.

**Kwashiorkor:** una forma de desnutrición calórico-proteica asociada con deficiencia extrema de proteína en la dieta y caracterizada por hipoalbuminemia, edema y hepatomegalia por hígado graso.

**Osmolaridad:** una medida de partículas osmoticamente activas por litro de solución.

**Quelosis:** agrietamiento del tejido alrededor de las esquinas de la boca.

**Quitina:** polisacárido de sostén que forma parte de la cutícula de muchos invertebrados y de la membrana celular de los hongos.

## I.- RESUMEN

---

En los últimos años la ciencia de los alimentos ha ido a la vanguardia, esto se debe a las necesidades de los consumidores. Ellos exigen alimentos con alto valor nutricional y que al mismo tiempo les aporte un extra, como beneficios a la salud o físicos. Como parte de la alimentación diaria en personas, se ha incrementado el uso de complementos alimenticios. Dado al estilo de vida tienen mayor desgaste ya sea a corto ó a largo plazo. Por lo que es necesario el desarrollo de nuevos productos, prueba de ello resultado interesante evaluar las propiedades nutrimentales del sedimento de cerveza, para usar como alimento innovador.

Este proyecto de investigación tuvo como objetivo general evaluar el estado fisiológico de la levadura y los nutrimentos presentes en el sedimento de cerveza. La metodología que se propuso para alcanzar el objetivo constó de cuatro etapas. En la primera etapa se obtuvo el sedimento de cerveza a través de una centrifugación y un acondicionamiento previo a su manipulación. En la segunda se evaluó el estado fisiológico y la reproducción de la levadura *Saccharomyces carlsbergensis*, posteriormente se determinó el contenido de hidratos de carbono y proteínas. En la tercera etapa se evaluaron las vitaminas hidrosolubles presentes en el sedimento de cerveza, también se determinó la presencia y porcentaje de minerales, así como los elementos traza en el sedimento de cerveza. Y finalmente se analizaron los beneficios a la salud tomando en cuenta los resultados obtenidos. Se encontraron altas concentraciones de proteínas oscilando entre 80-90 % del total del peso seco, valores de 5-9 g/L de hidratos de carbono totales (AT). Así como la presencia de minerales con concentraciones importantes como el potasio y el magnesio (alrededor de 13 y 4 mg/g, respectivamente). De las vitaminas evaluadas sobresale la piridoxina por su alta concentración de 2.5 mg/g en el sedimento, por lo que valorando estos resultados se propone el uso potencial de este sedimento como suplemento en bebidas energéticas en base a los resultados obtenidos.

**Palabras clave:** salud, nutrimentos, levadura, sedimento de cerveza, complemento alimenticio.

## ABSTRACT

In the last years the science of the food has gone to the forefront this owes to the needs of the consumers, since they demand food with high nutritional value and that at the same time a bonus contributes them, as benefits to the health or physicists. The use of nourishing complements like part of the daily nourishment in persons who in view of your way of life have major wear already is to shortly ó long-term, for what there is necessary the development of new products, for example it turns out interesting to evaluate the properties nutrimentals of the sediment of beer, as an alternative of avance food in what previously it is described.

This project of investigation had as general aim value the content of the nutriments presents for the sediment of beer and evaluates your potential use. The methodology that one proposed to reach the aim consisted of four stages. In the first stage the sediment of beer was obtained across a centrifugation and a conditioning before your manipulation. In the second one there was evaluated the physiological condition and the reproduction of the yeast *Saccharomyces carlsbergensis*, later there decided the content of carbohydrates and proteins.

In the third stage were evaluated water-soluble vitamins Por darme ánimo cuando sentía que ya no podía más present in the sediment of beer, also the presence and percentage of minerals decided, as well as the elements it plans in the sediment of beer. And finally the benefits were evaluated to the health on the basis of the obtained results. They found high concentrations of proteins ranging between 80-90 % of the whole of the dry weight, values from 5-9 g/L of total carbohydrates (AT). As well as the presence of minerals with important concentrations like the potassium and the magnesium (about 13 mg/g and 4 mg/g, respectively).

Of the evaluated vitamins the piridoxine stands out for your high concentration of 2.5 mg/g in the sediment, one proposes for what valuing these results the potential use of this sediment as supplement in energetic drinks on the basis of the obtained results.

**Keywords:** health, nutrients, yeast, sediment beer, food supplement.

## II.- INTRODUCCIÓN

---

A nivel mundial la cebada ocupa el cuarto lugar después del trigo, el arroz y el maíz. En la actualidad, la cebada se produce en casi todo el mundo, destinándolo principalmente a dos tipos de mercado: como alimento para ganado y para producción de malta. Dentro de los usos industriales que se le han dado a la producción de cebada a nivel mundial se pueden mencionar: el procesamiento de alimentos balanceados y funcionales, la elaboración de cerveza, la preparación de productos para alimento humano como pan, cereales, etc. Sin embargo los usos más reconocidos son la fabricación de alimentos balanceados para animales y la elaboración de cerveza (López, 2005).

Particularmente en México, aproximadamente el 70 % de la cebada que se produce es usada por la industria maltera y el resto se utilizan fundamentalmente para alimentación de ganado. En México los principales productores de cebada son Guanajuato, Hidalgo y Tlaxcala. Estos proporcionan alrededor de las dos terceras parte de producción total nacional de cebada (<http://www.siapsagarpa.gob.mx>, 2007).

La consolidación en el mercado nacional y de exportación de las dos grandes compañías cerveceras (Grupo Modelo y Cuauhtémoc-Moctezuma, del Grupo FEMSA) en México y el buen posicionamiento de sus productos en los mercados mundiales, han propiciado el desarrollo de una industria de producción de malta en México, integrada con los fabricantes de cerveza.

Esta industria a su vez ha desarrollado sus propias comercializadoras de grano de cebada, las que celebran contratos con los productores agrícolas para la producción de las variedades malteras requeridas por la industria (<http://www.grupomodelo.mx/2007>).

A pesar de la alza que ha tenido la producción de cerveza a nivel nacional no se ha estudiado el sedimento que queda como un residuo y solo la obtención se

enfoca a la producción de cerveza y en la venta de la levadura para elaborar tabletas de levadura de cerveza, sin evaluar antes todo este sedimento.

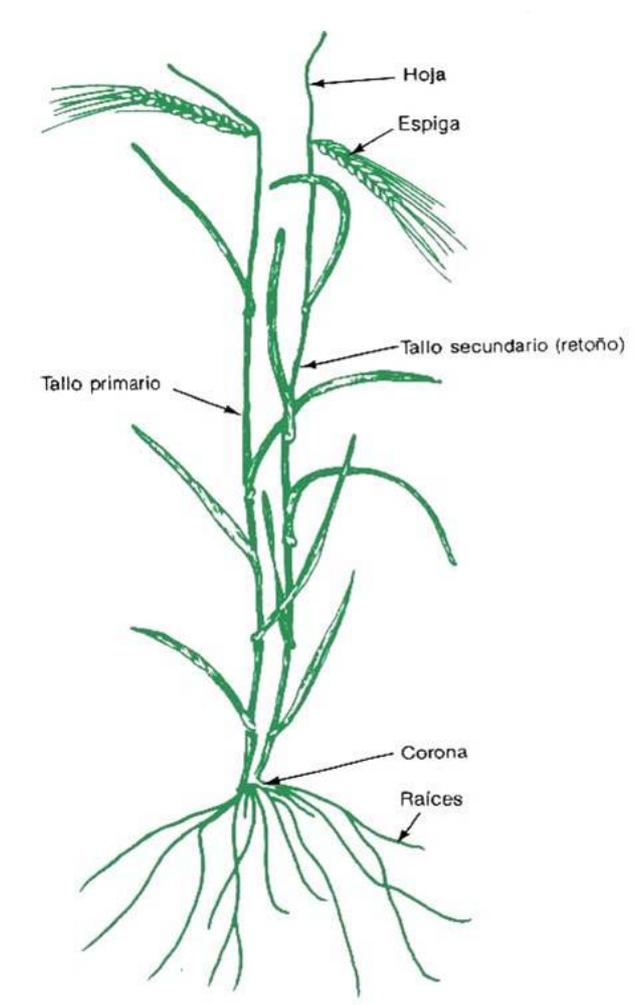
Es por esto que este proyecto de investigación tuvo como objetivo general realizar la evaluación nutricional de los principales componentes del sedimento y así en base a sus características nutrimentales proponer a que grupo de edades podría ir dirigido para contribuir en cubrir los requerimientos calóricos del ser humano.

### III.- ANTECEDENTES

---

#### 3.1 Aspectos generales de la cebada

La cebada pertenece a la familia de las Gramíneas, está incluida en el género *Hordeum* del que existen varias especies. Es una planta herbácea con tallo fistuloso de 60 cm a 1 m de altura, hojas anchas y lanceoladas, flores pequeñas agrupadas en espiguillas que presentan unas prolongaciones finas llamadas aristas (figura 1). Los frutos son cariósipos (Hornsey, 2003). Es un cereal que pertenece a la familia de las gramíneas, los principales tipos de cebada que se cultivan pertenecen a las especies *Hordeum distichum* (de 2 hileras) y *Hordeum vulgare* (de 6 hileras).



**Figura 1.** Esquema de la planta de cebada

Fuente: <http://www.cervezadeargentina.com.ar/.../maltas.htm>.2007

## Componentes de la cebada

Como otros cereales, la cebada contiene una elevada proporción de hidratos de carbono (70-85 %) y proteínas (10-24 %). La cebada suele contener una humedad del 10-14 % (Callejo, 2002). Su contenido de grasas y cenizas es muy bajo teniendo un porcentaje de 1.1-3 % y 1.2-3 %, respectivamente (tabla 1), (Dendy *et Dobraszczyk*, 2004).

**Tabla 1.** Composición química del grano de cebada

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

Fuente: Dendy *et Dobraszczyk*, 2004

En recientes trabajos referidos a diferentes variedades de cebadas que se cultivan en los estados de Hidalgo y Tlaxcala con fines de producción de maltas para la industria cervecera, en los que se han realizado estudios de caracterización físicoquímica (López, 2005; López *et al.*, 2007), se han reportado que los contenidos de hidratos de carbono y proteínas se encuentran en los rangos que se indican en la tabla 1.

### 3.1.1 Principales usos de la cebada

En la actualidad la mayor parte de la cebada que es cultivada por el hombre es destinada para la elaboración de cerveza, por su alto contenido en almidón y por su alta actividad diastásica. En otras partes del mundo la cebada aún se utiliza como alimento para humanos, como es el caso de algunos países de Europa y de América del sur, quienes la consumen en forma de sopas o de pan. En México, se prepara agua fresca de cebada en los estados de Sonora y Sinaloa (Barreto, 1999; Hornsey, 2003).

En relación con los usos de la cebada en México, durante el periodo comprendido entre 2000-2005, se reporta un 60 % para la elaboración de alimentos, fundamentalmente malta que se destina a la industria cervecera; 34 % como alimento para ganado, 3 % se estima en desperdicios, 2 % para semillas y 1 % para otros usos en alimentación humana (<http://www.siapsagarpa.gob.mx>, 2007).

### **3.1.2 Producción de cebada**

Los principales países productores de cebada son: Rusia, Canadá, Alemania, Francia, España, Turquía y Estados Unidos, concentrando el 52 % del volumen mundial (Serna, 2001).

La producción de cebada en México ha aumentado en los últimos años, de tal forma que actualmente ocupa el quinto lugar en la producción nacional de granos, después del maíz, sorgo, trigo y frijol, desplazando de éste lugar al arroz y el garbanzo. Para el año 2007 SAGARPA reportó una producción total de 781.5 MT de cebada (<http://www.siap.gob.mx/modelos/2006/cebada.pdf>; 2007).

Lo anterior ha tenido como consecuencia que las importaciones de cebada y malta a México hayan disminuido considerablemente en los últimos años, y actualmente, se consideren sólo para ajustar las necesidades del mercado, considerando que se está por lograr un nivel de autosuficiencia en la producción de este grano, ya que las importaciones disminuyeron de 300.9 MT toneladas en 1996 a 68.3 MT toneladas en 2003, lo que representó que éstas pasaran de un nivel equivalente al 51.4 % de la producción nacional en 1998 a sólo el 9.0 % en 2003 (<http://www.siap.gob.mx/modelos/2006/cebada.pdf>; 2007).

### **3.2 Proceso de malteado**

Se obtiene del proceso de malteo de granos de cebada cervecera, el cual comprende el desarrollo controlado de la germinación del grano y con un procedimiento final de secado / tostado.

La malta de cebada es la materia prima fundamental y preferida a otros cereales pues el grano está revestido por una cáscara que protege el germen durante el malteado y evita que el grano pierda su contenido de almidón. Además durante la filtración del mosto en la etapa de cocimiento, la cáscara sirve de lecho filtrante, facilitando de esta manera la separación del mosto de la parte sólida u orujo.

Durante el malteo se forman una serie de enzimas, según García *et* Quintero (2000) las principales son:

*Amilasas*.- Desdoblan el almidón son dos la  $\alpha$  amilasa y la  $\beta$  amilasa.

*Hemicelulasas*.- Desdoblan las hemicelulosas

*Proteolíticas*.- Están agrupadas en dos grupos, las proteínasas que desdoblan las proteínas complejas hasta el estado de polipéptidos y péptidos, y las péptidasas que desdoblan los péptidos hasta el estado de aminoácidos.

*Fitásas*.- Que desdobla la fitina es fosfatos e inositol.

*Oxidasas*.- Son enzimas del grupo respiratorio, se distinguen tres, las verdaderas oxidasas que activan el oxígeno molecular, las peroxidasas que activan sólo el oxígeno de los peróxidos y la catalasa que desdobla el peróxido de hidrógeno (García *et* Quintero, 2000).

El proceso de malteado tiene las siguientes etapas:

- **Limpieza del grano**

Se realiza para remover cáscaras, polvo, pajas, palos etc. que provienen de la cosecha del grano, remover piedras, trozos metálicos y remover semillas extrañas (Hornsey, 2003). Esta cebada debe cumplir con los requerimientos mínimos de la norma mexicana NMX-FF-043-SCFI-2003 para cebada maltera.

- **Remojo**

Este paso consiste en aumentar el contenido de humedad del grano (normalmente 42-46 %). Se realiza en tanques abiertos donde se le rocía agua desde la parte superior, a una temperatura de 15 °C. La velocidad de la hidratación es función de las condiciones en que haya crecido la cebada, de la

variedad de esta, del tamaño de los granos y de la temperatura del agua. También está considerablemente influida por el daño mecánico que hayan podido sufrir antes del remojo (Hornsey, 2003 *et* Hough, 1990).

Durante intervalos se drena el agua y se inyecta aire para eliminar bolsas de CO<sub>2</sub> que se forman. Esto permite dispersar el CO<sub>2</sub>, favoreciendo así la germinación. Los ciclos de remojo dependen de la sofisticación del equipo disponible, aunque un ciclo habitual podría ser el siguiente:

- 8 horas de remojo (humedad hasta 32-34 %),
- 14 horas drenado,
- 8 horas de remojo (humedad hasta el 38-42 %),
- 10 horas drenado,
- 8 horas de remojo (humedad hasta el 44-46 %).

Objetivos del remojo: remover el material flotante, lavar el grano, elevar la humedad a un 46 % como máximo, para iniciar el proceso de germinación (Hornsey, 2003).

- **Germinación**

En los sistemas tradicionales el grano de cebada húmedo está extendido en una capa fina y delgada en cajas de germinación que tienen palas que remueven las semillas para lograr homogeneidad en el proceso; las raicillas van a provocar el estallido del almidón debido a la síntesis de las amilasas, lo que va a liberar los azúcares fermentables. El grano libera así las enzimas que se necesitarán en la maceración y la fermentación. Se deja que las raicillas de la cebada se formen y se desarrollen pero sin llegar a que estas se entrelacen y formen una red. El tiempo de malteado en las cajas de germinación se prolonga unos 4-6 días. Los equipos modernos permiten efectuar la germinación en 3 o 4 días y lechos más profundos (1 – 1.5 m) (Hough, 1990).

Esta etapa consiste en cuatro fases:

1. Absorción del agua por el embrión.

2. Activación de enzimas.
3. Desarrollo de tejidos embrionarios.
4. Ruptura de la pared del embrión por el germen.

Luego que el grano ha absorbido el agua necesaria se pasan al sector de germinación, a cajas rectangulares con inyección de aire en su parte inferior que con vapor se controla la temperatura (de 12-16 °C) y humedad de germinación. Este proceso tiene una duración aproximada de 5 días.

Objetivos de la Germinación: producir el nivel óptimo de enzimas, favorecer la rotura de la matriz proteica, con el fin de que el almidón este accesible para las enzimas (Hornsey, 2003).

- **Secado y tostado**

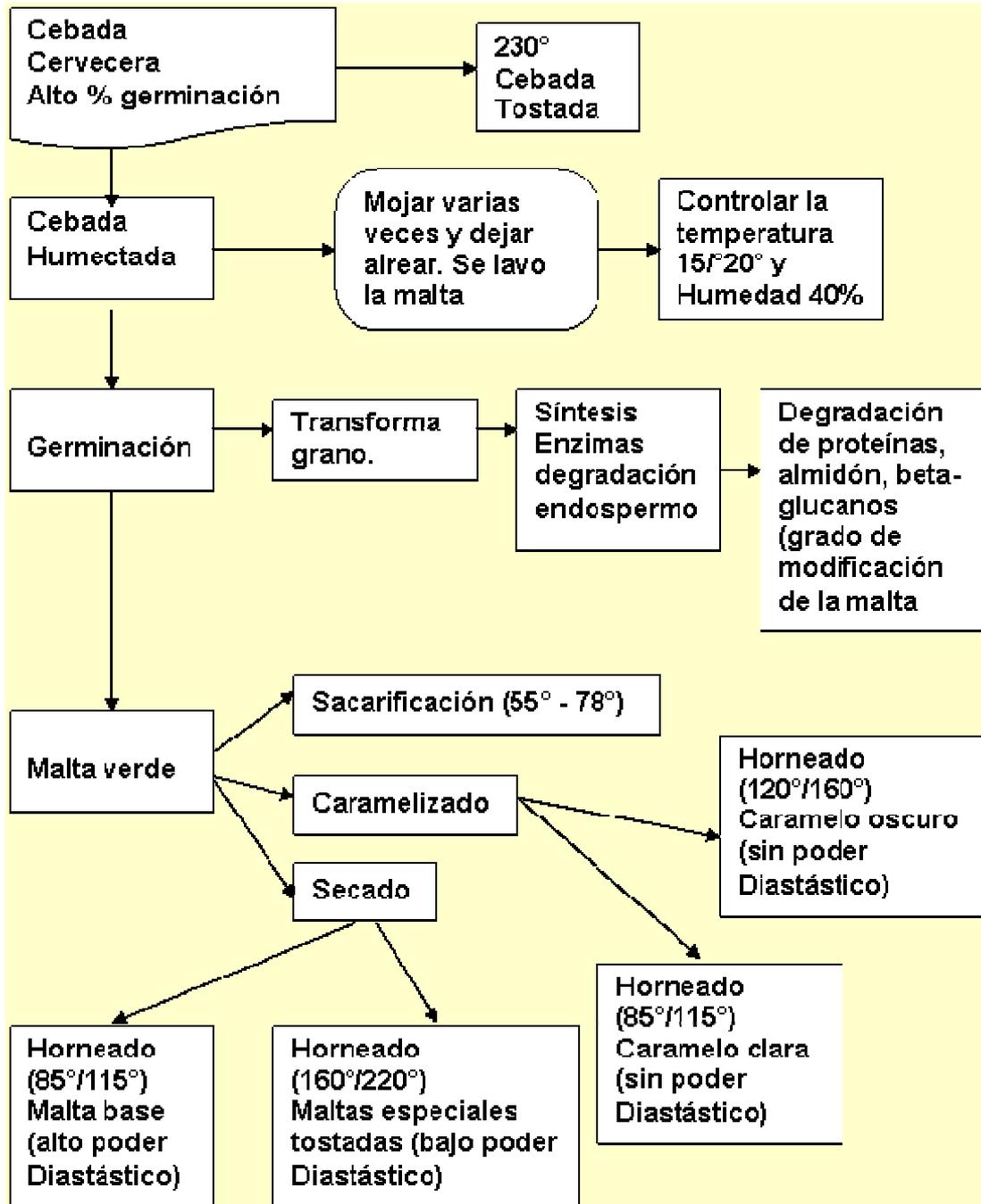
Luego de la germinación se pasa al horno de secado, bajando la humedad del grano hasta 4 %. De esta manera las enzimas desarrolladas quedan inactivas temporalmente. Es un recalentamiento brusco que permite parar la germinación y que determina el color de la cerveza (dorada, ambarina, negra, etc) (Hornsey, 2003).

Es necesario mezclar bien los granos para obtener una temperatura y un secado homogéneos. El secado de la malta permite también conservar la cebada y su duración determina las características de la malta. Otra finalidad del secado es otorgar sabor y color durante el horneado. El proceso dura 24 horas y en función del tiempo y temperatura se logran las distintas variedades de maltas (García *et* Quintero, 2000).

Objetivo del Secado: detener el proceso de malteado, disminuir el % de humedad para garantizar una buena conservación, desarrollar el color y aroma requerido (Hornsey, 2003).

- **Eliminación de raicillas**

Luego del horneado es necesario enfriar la malta y remover las raicillas que quedaron posteriores a la germinación. Éstos deben ser eliminados por soplado o por aspiración antes de poder utilizar la malta para la mezcla (Hornsey, 2003).



**Figura 2.** Diagrama generalizado del proceso de malteado y tostado;

Fuente: [www.cervezadeargentina.com.ar/articulos/maltas.htm](http://www.cervezadeargentina.com.ar/articulos/maltas.htm), 2007.

### 3.3 Elementos básicos para la elaboración de cerveza

El proceso de elaboración de cerveza comienza con la molienda de la malta (Hornsey, 2003).

*El lúpulo:* Dota a la cerveza del gusto amargo, agradable y del fino aroma que lo caracteriza, interviniendo también en la formación y calidad de espuma. El lúpulo empleado habitualmente en cervecería, *Humulus lupulus*, pertenece a la familia *Cannabaceae* de plantas con flores, la cual a su vez, pertenece al orden Urticales.

*El agua:* Colabora en el proceso y en el sabor final del producto, debe ser potable y presentar una composición iónica adecuada. En general, los principales iones presentes en las aguas de cervecería son  $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ .

*La levadura:* es esencial para el proceso de elaboración de cerveza en donde la mayor parte de los azúcares presentes en el mosto difunden a través de la pared hacia el interior de la célula, en donde son fermentados a alcohol y gas carbónico. (Lewis et Young, 1995).

- **Maceración**

Es la extracción de los componentes solubles de la malta molida, ésta se mezcla con agua caliente agitando, para disolver los almidones y demás componentes solubles, los cuales permiten el adecuado crecimiento de la levadura y la producción de cerveza (Mesones, 2000; Hornsey, 2003).

La maceración provoca en los gránulos de malta molturada los siguientes efectos (Hornsey, 2003):

- a) En las primeras etapas de maceración de la malta (45-60 °C) actúan principalmente las proteasas y  $\beta$ -glucanasas. Las  $\beta$ -glucanasas son activadas a 45 °C y se inactiva a 60 °C, hidrolizan enlaces  $\beta(1-3)$  y  $\alpha(1-4)$  de los polímeros de glucosa conocidos como glucanos. La degradación de estos polímeros y de las pentosanas es importante para disminuir la viscosidad del mosto (García et Quintero, 2000).

b) Los almidones producen un aumento en la viscosidad de la maceración al ser liberados de las celdas contienen entre otros, cadenas de moléculas de glucosa como amilasa y amilopectina. Estas son inmediatamente atacadas por las enzimas  $\alpha$ -amilasa transformándolas en cadenas más cortas de moléculas de dextrinas de 7-12 restos de glucosa, reduciendo la viscosidad (Mesones, 2000).

Una vez realizada la maceración será necesario separar el extracto disuelto en el agua de los restos de malta no disueltos como las cascarillas (Mesones, 2000).

- **Cocción del mosto**

Después de la filtración del macerado se cose el mosto, que dura entre 45-120 minutos a ebullición constante. La finalidad es: la esterilización, detener la actividad enzimática derivada de la malta, concentración del mosto, coagulación de proteínas y taninos, descomposición y eliminación, intensificación del color y extracción de aceites esenciales del lúpulo (Hornsey, 2003; Mesones, 2000).

- **Clarificación y enfriamiento del mosto**

Posterior a la cocción, el siguiente paso es reducir la temperatura que todavía tiene entre 75-80 °C. La temperatura ideal para añadir la levadura se sitúa entre los 8 y 24 °C, Después se procede a centrifugar o filtrar el mosto para pasar a la etapa de fermentación (Mesones, 2000).

- **Fermentación**

El proceso de fermentación se inicia con la inoculación del mosto lupulado con un cultivo “puro” de levaduras (García *et* Quintero, 2000). La composición típica del mosto lupulado se muestra en la tabla 2, además contiene algunas otras sustancias nitrogenadas simples, sales minerales (calcio magnesio, sodio, potasio, hierro, zinc, cobre, magnesio, cloruros, sulfatos, carbonatos y fosfatos) y vitaminas (biotina, ácido pantoteico, inositol, tiamina, piridoxina, y el ácido nicotínico) (Hough, 1990).

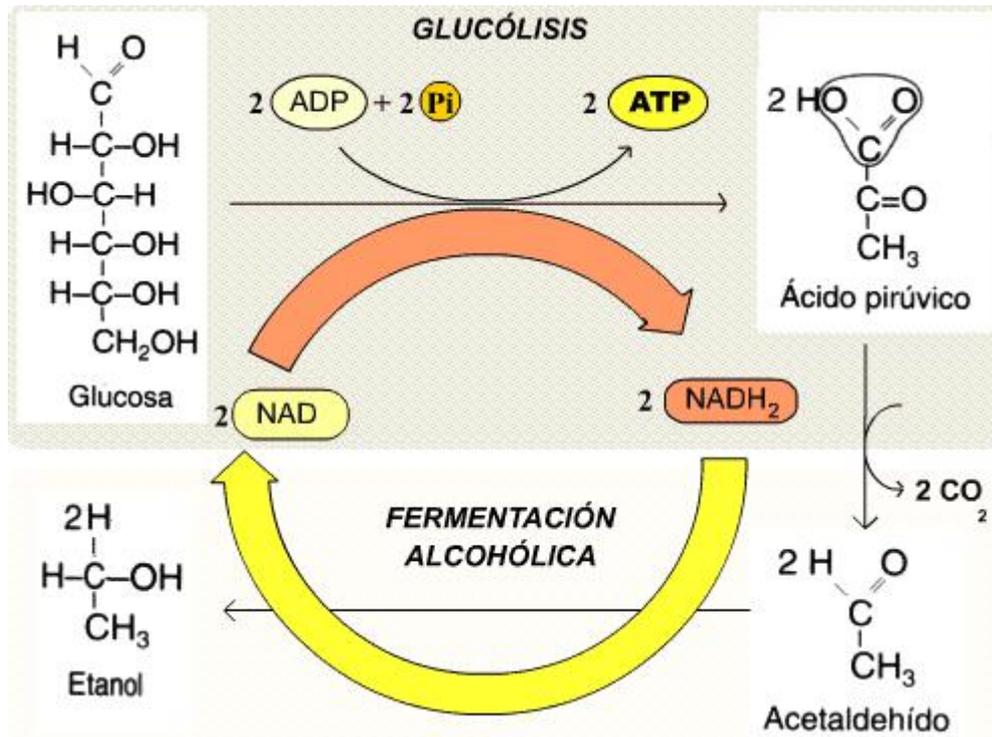
**Tabla 2.** Composición típica del mosto como % de sólidos totales

Sustancia	Cantidad %
Glucosa	4-8
Maltosa	43-46
Maltotriosa	10-13
Otros oligosacáridos y dextrinas	22-25
Sacarosa	1-3
Fructosa	1-2
Aminoácidos libres	1-1.5
Peptidos y proteínas	1.5-3

Fuente: García *et* Quintero, 2000.

La mayor parte de las sustancias presentes en el mosto difunden libremente a través de la pared de la levadura al plasmalema (resinas, proteínas y polifenoles), y algunas se absorben sobre la superficie externa de la pared celular. Una vez en el interior de las células no todas las sustancias son utilizadas de inmediato. La glucosa y la fructosa se consumen con gran rapidez, la maltosa más lentamente y finalmente la maltotriosa, la sacarosa es hidrolizada en la pared celular por la invertasa. Los aminoácidos se absorben secuencialmente, primero el grupo de los que forman parte el glutamato, asparagina y serina, luego histidina y leucina, finalmente los pertenecientes en los que se hallan la glicocola y triptófano (Hough, 1990).

En las fases iniciales de fermentación es necesario que en el mosto exista suficiente oxígeno, por lo cual el mosto tiene que ser agitado o pre-oxigenado. Las cepas de levadura tienen necesidades de oxígeno para el rápido crecimiento celular inicial y para la síntesis de los esteroides y ácidos grasos de la membrana; pero no una cantidad excesiva, porque la levadura recurre a la respiración aerobia mediante la oxidación y descarboxilación del piruvato y finalmente el ciclo de Krebs. Si se aporta exceso de oxígeno los productos finales son dióxido de carbono y agua (Hough, 1990). En condiciones anaerobias la levadura transforma rápidamente los azúcares fermentables en etanol y dióxido de carbono (figura 3), a través del ciclo glucolítico de Embden-Meyerhof-Parnas.



**Figura 3.** Ciclo glucolítico de Embden-Meyerhof-Parnas;

Fuente: <http://fai.unne.edu.ar/biologia/metabolismo/met4.htm>, 2005.

Este es el principal proceso generador de energía para la levadura, la parte oxidativa del proceso origina la coenzima NADH reducida. El NADH es re-oxidado al reducirse el acetaldehído a etanol. Esto ocasiona el agotamiento de la reserva estática de NAD<sup>+</sup>, situación que afecta el equilibrio redox de la célula.

La fase de latencia viene seguida por una fase corta de crecimiento acelerado, que conduce a una fase de crecimiento exponencial. Durante este periodo de crecimiento, se espera que la densidad de la levadura aumente de cuatro a seis veces. Las células se multiplican por gemación y producen rápidamente etanol y dióxido de carbono (Hornsey, 2003).

Además de etanol y CO<sub>2</sub> existen otros productos de fermentación (Hornsey, 2003): alcoholes combustibles, ácidos orgánicos volátiles y no volátiles, esterres, aldehídos y cetonas.

Es esencial disponer de un mosto de alta calidad que contenga todos los nutrientes necesarios para que la levadura se multiplique sin dificultad en el momento de su adición, junto con el oxígeno disuelto necesario (Mesones, 2000).

- **Condiciones de fermentación de acuerdo al tipo de cerveza**

La fermentación de las cervezas tipo *ale* se efectúa a una temperatura inicial de 15-16 °C, que va subiendo lentamente por efecto de la fermentación, y se evita una subida excesiva por medio de camisas de refrigeración hasta que a las 36 horas ha alcanzado un valor de 20-25 °C. La actividad de la levadura se hace evidente por la acumulación de espuma en la superficie y por el desprendimiento de dióxido de carbono. Luego se incrementa progresivamente la intensidad de la refrigeración para bajar la temperatura a unos 17 °C, a las 72 horas (Santillan et García Garibay, 1998).

La fermentación de las cervezas tipo *lager* se realizan a 7-11 °C. Como la temperatura utilizada es más baja, la fermentación es más lenta: la fermentación suele durar de 8-10 días. Comienza con una ligera elevación de la temperatura del mosto cuidadosamente controlada hasta un máximo de 10-15 °C. Este proceso tarda en completarse de 3-5 días. La actividad fermentativa se evidencia por la acumulación de espuma sobre la superficie del mosto y el desprendimiento de dióxido de carbono. La espuma puede adquirir aspecto similar al de la coliflor y suele denominarse *Kräusen* durante la fermentación. El *Kräusen* se hunde y la levadura comienza a acumularse en la base del fermentador. En la elaboración tradicional de *lager*, se retiene parte de los azúcares fermentables (Santillan et García Garibay, 1998).

- **Maduración**

En la maduración debe procurarse que la cerveza retenga la mayor cantidad posible de dióxido de carbono (Vogel, 1999). Durante la maduración pueden considerarse como principales los siguientes procesos (Hornsey, 2003):

*Afinamiento del sabor.* Eliminar algunos productos indeseables de la fermentación primaria, así como algunos compuestos sulfurados, acetaldehído y el diacetilo.

*Clarificación de la cerveza.* Los residuos de levadura sedimentan durante esta etapa y se eliminan cuando finaliza. Sin embargo la levadura no debe eliminarse de la cerveza demasiado pronto, ya que en tal caso los procesos de maduración no tendrían lugar.

*Estabilización de la cerveza.* La cerveza que necesita una vida útil prolongada tiene que ser estabilizada. La forma más común de inestabilidad, es la producción de turbidez no biológica, la cual precipita junto con la levadura. La turbidez es producida por interacciones entre proteínas de bajo peso molecular, taninos e hidratos de carbono.

*Carbonatación de la cerveza.* Se produce de forma natural durante el periodo de maduración, aunque aquí solo se liberan volúmenes relativamente pequeños de CO<sub>2</sub>. Durante la maduración la cerveza se mantendrá a una temperatura próxima de 0 °C (Vogel, 1999).

En la cerveza de fermentación baja es conveniente reducir el tiempo de maduración, ya que los tiempos prolongados ocasionan que los metabolitos de las levaduras estropeen la cerveza (Vogel, 1999).

#### **3.3.4 Envasado de cerveza**

La cerveza puede ser trasegada en barriles de aluminio anodizado o bien a botellas (Vogel, 1999), en presentación de botella retornable, no retornable, barril o lata.

Los principales equipos instalados en un salón de envase se denominan, de acuerdo a su función: desestibadora, desempacadora, lavadora, llenadora,

tapadora o selladora, pasteurizadora, rotuladora o etiquetadora, empacadora, estibadora e inspectores electrónicos.

Las desestibadoras y estibadoras tienen por objeto desarmar y armar el arrume de cajas vacías y llenas, respectivamente, que se encuentran colocadas sobre estibas o tarimas. La desempacadora y la empacadora cumplen similar función a las anteriores como es la de sacar o meter, según el caso, las botellas vacías o llenas que están contenidas en las canastas plásticas.

La lavadora de botellas es una máquina múltiple con varios tanques de acero ubicados en línea secuencial a través de los cuales van viajando las botellas. Cada tanque contiene solución caústica de distinta concentración y temperatura ascendentes hasta un límite de 4 % de sosa caústica y 70 °C de temperatura y luego, gradualmente, descendentes para el correcto lavado y esterilización del envase retornable sin experimentar cambios bruscos de temperatura obviando así roturas (<http://www.cervezasdelmundo.com/cervezaselab.htm>, 2006).

La llenadora, tapadora y rotuladora se explican por su nombre y la pasteurizadora es también un equipo complejo que maneja varias secciones de agua acondicionada con diferentes temperaturas con ascensos y descensos graduales para evitar rotura de envases por choque térmico pero que deben garantizar que todas las botellas producidas sean sometidas a un estricto régimen de 15 minutos sostenidos a 60 °C para garantizar la inactivación de cualquier microorganismo especialmente levaduras que pudieran llegar hasta esta etapa del proceso productivo (<http://www.cervezasdelmundo.com/cervezaselab.htm>, 2006).

Las modernas cervecerías también cuentan con equipos de revisión del lavado de las botellas denominados “inspectores electrónicos” son sensores ópticos capaces de detectar y separar las botellas que presenten el más mínimo tipo de suciedad antes de entrar a la llenadora. Un operario estará atento para la revisión humana de las botellas rechazadas para su reciclaje en la lavadora o su

destrucción en caso de ser necesario cuando se trate de una suciedad difícil o imposible de retirar mecánicamente.

El lavado y esterilización de los barriles se hace con vapor vivo y su llenado es a contrapresión utilizando el mismo principio de las llenadoras de botellas. La diferencia entre la cerveza embotellada y la envasada en barriles consiste en que la cerveza del barril no se pasteuriza por lo cual debe consumirse dentro de las 24 horas siguientes a su llenado para evitar una posible contaminación biológica (<http://www.cervezasdelmundo.com/cervezaselab.htm>, 2006).



**Figura 4.** Diagrama generalizado de la elaboración de cerveza;  
Fuente: [www.porquebiotecnologia.com.ar/.../cuadro3.jpg](http://www.porquebiotecnologia.com.ar/.../cuadro3.jpg) 2007.

### 3.3.5 Calidad de la cerveza

Una vez terminada la cerveza se somete a análisis químicos, microbiológicos y sensoriales de acuerdo a las normas internacionales de bebidas (Varnam *et Sutherland*, 1997; Analytical EBC, 2003). Algunas de las determinaciones analíticas realizadas en la cerveza terminada se muestran en la tabla 3.

**Tabla 3.** Tipos de análisis realizados a la cerveza terminada

Cerveza		
Densidad	Dióxido de carbono	Proteínas
Contenido de alcohol	Grado de fermentación	Color
Oxígeno disuelto	pH	Extracto final
Dióxido de azufre	Acidez	Extracto original
Sabor y aroma	Azúcares fermentables	Almidón

Fuente: Varnam *et Sutherland*, 1997.

### 3.4 Composición de la cerveza

La cerveza es una bebida natural que se obtiene por fermentación alcohólica de un extracto acuoso de cebada malteada. Las materias primas necesarias para la fabricación de cerveza son cuatro: malta de cebada, agua, levadura y lúpulo (García *et Quintero*, 2000).

El anhídrido carbónico y el alcohol etílico, son consecuencia de la transformación experimentada por las materias primas. Los componentes de ambos grupos se encuentran siempre presentes en la cerveza y confieren las propiedades nutritivas y funcionales de esta bebida (CICS, 2005).

Cualquier tipo de cerveza está constituida por más de 400 componentes. Muchos de estos componentes proceden de las materias primas y no han sufrido modificaciones en el proceso de elaboración. En cambio otros constituyentes, entre los que se encuentran el CO<sub>2</sub> y el alcohol etílico, son consecuencia de la transformación de las materias primas (Cerveceros de España, 2001).

De acuerdo a Hough *et al.*, (1982) los constituyentes de la cerveza se clasifican en dos grupos: componentes volátiles y no volátiles. Los primeros tienen una alta presión de vapor y son los responsables del aroma de la cerveza, se forman fundamentalmente en la etapa de fermentación. Los componentes volátiles se encuentran concentrados en el espacio de cabeza de los envases de cerveza y el grupo incluye alcoholes, ésteres, aldehídos, cetonas, ácidos orgánicos,

compuestos azufrados, aminas, compuestos fenólicos volátiles, y algunos hidrocarburos y lactonas.

Los componentes no volátiles incluyen:

Compuestos inorgánicos, que suelen alcanzar globalmente una concentración de 0.5-2 g/L. Los compuestos minerales influyen sobre el sabor de la cerveza. Los cloruros dan sensación de plenitud de sabor, los sulfatos sequedad, los carbonatos producen efectos muy variados en el sabor, el sodio tiene un efecto importante sobre el sabor global, mientras que el magnesio puede conferir un sabor desagradable (CICS, 2005).

- **Hidratos de carbono**

Normalmente la cerveza contiene un 2.5-4 % de hidratos de carbono, en forma de mono- di- y trisacáridos, dextrinas y  $\beta$ -glucanos. El 75-80 % de esta cantidad son dextrinas con un grado de polimerización mínimo de 4. Proceden de la degradación enzimática del almidón por las enzimas de la malta, y no sufren modificaciones durante la fermentación del mosto. Actúan como portadores de sabor (dan “cuerpo” a la cerveza), retienen el anhídrido carbónico formado en la fermentación, participan en la formación de la espuma, y tienen valor nutritivo (4 calorías por gramo) (Narziss *et al.*, 1972).

También existen pequeñas cantidades de glicerol y mioinositol. Los  $\beta$ -glucanos son cadenas lineales constituidas por moléculas de glucosa unidas entre sí por enlaces  $\beta$ -1,3 o bien  $\beta$ -1,4. Proceden de la pared celular del endospermo del grano de cebada. Su concentración en la cerveza varía entre 50-700 mg/L, y su peso molecular varía en el intervalo 30000 – 300000 Da (Sendra *et al.*, 1989). Tienen propiedades de fibra soluble y se potencian tanto el sabor como la formación y estabilidad de la espuma de cerveza.

- **Componentes nitrogenados**

Un litro de cerveza contiene habitualmente entre 1.9-6.3 g de componentes nitrogenados, que incluyen aminoácidos, péptidos, polipéptidos, proteínas, ácidos nucleicos y sus productos de degradación. No obstante algunos tipos de cerveza

de alto extracto original llegan a contener hasta 11.5 g de sustancias nitrogenadas (Hough *et al.*, 1982). Proceden fundamentalmente de los cereales y se modifican cualitativa y cuantitativamente en el proceso de elaboración.

Las proteínas de la cebada se degradan durante el malteado y maceración, dando lugar a derivados solubles, como aminoácidos y péptidos de diferentes pesos moleculares. Durante la cocción del mosto buena parte de la proteína soluble precipita y se separa en los subsiguientes procesos de filtración. Los aminoácidos que quedan en el mosto juegan un papel muy importante como nutrientes de la levadura cervecera. Sólo permanece en la cerveza entre la mitad y un tercio del nitrógeno contenido en el mosto.

Los constituyentes nitrogenados de la cerveza pueden afectar también al aroma, sabor, color, formación y estabilidad de la espuma, estabilidad biológica de la cerveza, y pueden dar lugar a enturbiamientos (Hough *et al.*, 1982).

- **Compuestos fenólicos**

La cerveza contiene entre 150-350 mg/L de compuestos fenólicos, dos tercios de los cuales proceden de la malta y el resto del lúpulo (Narziss *et al.*, 1972). Una fracción minoritaria es volátil y contribuye al aroma de la cerveza; pero el resto son mayoritariamente polifenoles no volátiles e influyen sobre el color, sabor y estabilidad coloidal de la cerveza. La polimerización de compuestos fenólicos con proteínas da lugar a complejos insolubles que pueden ocasionar enturbiamientos en la cerveza.

Entre los grupos de polifenoles presentes en la cerveza destaca por su abundancia el grupo de los antocianógenos (hasta 100 mg/L), seguido por el de los flavonoides (catequinas, hasta 20 mg/L) y el de los flavonoles (hasta 10 mg/L) (Sendra *et al.*, 1989).

- **Alcohol etílico**

El alcohol etílico después del agua, es el constituyente más abundante en la cerveza. Se produce, con el anhídrido carbónico, en la fermentación, a razón de 1 g de alcohol por cada 1.6 g de substrato hidrocarbonado transformado. Participa de forma importante en el sabor de la cerveza. Su concentración en la cerveza depende del extracto original del mosto. Aunque existen cervezas con muy bajo contenido alcohólico (<0.5 %), la mayoría de las tablas de composición de cervezas dan valores próximos al 5 % (Bulinski *et al.*, 1986; Bulinski *et Kot*, 1988).

- **Vitaminas**

La cerveza contiene pequeñas cantidades de vitaminas del grupo B: tiamina, riboflavina, ácido pantoténico, piridoxina, biotina, mesoinisitol, cianocobalamina y niacina. También contiene ácido fólico y folatos, que proceden de la malta, incrementándose en la germinación de la cebada y sobreviviendo al tostado. Mueller (1993) reporta valores de 20-44 mg/L para el contenido habitual de folatos en cerveza. En la tabla 4 se indican las concentraciones de algunas vitaminas presentes en la cerveza.

**Tabla 4.** Concentraciones de vitaminas en cerveza.

Vitamina	Concentración (µg/L)
Tiamina (B1)	29
Riboflavina (B2)	336
Acido pantoteico (B3)	1490
Niacina	7738
Piridoxina	619

Fuente: Piendl 1990

- **Otros compuestos**

La cerveza contiene una pequeña proporción de lípidos, procedentes de la malta, adjuntos y lúpulo, así como resultantes del metabolismo de la levadura en el proceso de fermentación. Son fundamentalmente ácidos grasos (0.33-0.76 mg/L), mono-, di- y triglicéridos (en conjunto hasta 0.4 mg/L). Su contenido afecta negativamente a la formación y estabilidad de la espuma, pero al mismo tiempo contribuyen positivamente al aroma de la cerveza. También contiene pequeñas

cantidades de ácidos orgánicos (cítrico, fumárico, láctico, málico, pirúvico, entre otros), que afectan al sabor y la estabilidad de la cerveza. Proceden de la malta y de la actividad metabólica de la levadura (Hough *et al.*, 1982).

### 3.5 Valor calórico

En la cerveza es debido a su contenido en alcohol (7 Kcal/g, densidad 0.91) y a su extracto seco residual (4 Kcal/g). Así, una cerveza que contenga un extracto original de 11 y un grado alcohólico de 5, aporta 46.73 Kcal (100 %). Los requerimientos energéticos diarios, con una actividad física normal, se pueden estimar en 2800 Kcal/día para hombres de 75 kg de peso y 2100 Kcal/día para mujeres de 65 kg (en los dos casos citados). La mayoría de los individuos sanos presentan requerimientos alrededor de estos valores (White, 1996).

### 3.6 Tipos de cervezas

En la tabla 5 se muestran algunos tipos de cerveza, el tipo de fermentación y características relevantes como grado de alcohol, calorías que aportan y tiempo de maduración.

**Tabla 5.** Características relevantes de algunos tipos de cervezas.

Tipo de cerveza	Tipo de Fermentación	Ingrediente característico	Graduación alcohólica (%) (v/v)	Kcal/100ml	Tiempo de maduración	Principal característica
Lager y Pilsen	Baja	malta pálida	3.5 a 4	45	13 -15 días	elevado amargor
Abadía	Alta	cebada	4	55	14-21 días	artesanal
Gueuze-Lambic	NR	trigo y cebada	5.5	50	2-3 días	fermenta sin levadura
Blanca	Alta	trigo	3.5	45	NR	color muy pálido
Ale	Alta	malta oscura	3.5	46	5 días	sabor a lúpulo
Scout	Alta	malta tostada	4.5	59	10 días	dulce

NR: no reportado Fuente: <http://www.cerveceríainternacional.com/tipos.htm>2006.

### **3.7 Producción mundial y nacional de cerveza**

La producción mundial de cerveza es de 1.200 millones de hectolitros. El mayor productor mundial es EE.UU. que concentra el 20 % de la producción, le siguen Alemania con el 10 %, China con el 9 % y Argentina aporta el 1 % (<http://www.cerveceroslatinoamericanos.com/Semana%20Cervecera/Dic1-5/CuerpoNC.htm> 2006).

En México la industria de la cerveza aporta 8 % del PIB del sector de alimentos, bebidas y tabaco, está integrada principalmente por dos grandes empresas: Grupo Modelo y Cuauhtémoc-Moctezuma, del Grupo FEMSA, ambas aliadas estratégicamente a grandes cerveceras mundiales y con una capacidad instalada junta de producción superior a 67 millones de 3 hectolitros anuales distribuida en 14 plantas. La industria cuenta con 22 marcas, de las cuales seis concentran casi el 85 % de las ventas: Corona, Victoria, Negra Modelo, Carta Blanca, Tecate y Superior.

La estrategia competitiva de la industria, en particular, del grupo Modelo, se ha centrado en diversificar y aumentar sus mercados de exportación; en 1998 exportó un millón de cajas de cerveza a más de 140 países. El Grupo Modelo fundado en 1925, es líder en elaboración, distribución y venta de cerveza en México, con una participación de mercado total (nacional y exportación) al 31 de Diciembre de 2003 del 63.1 %. Cuenta con ocho plantas cerveceras en la República Mexicana, con una capacidad instalada de 39.5 millones de hectolitros anuales de cerveza (Sánchez *et* Huerta H, 2003).

Actualmente posee diez marcas, destacando Corona extra, la cerveza mexicana de mayor venta en el mundo, Modelo especial, Victoria, Pacífico, Corona Light, Negra modelo, Estrella, León, Light modelo, Montejo. Exporta cinco marcas con presencia en más de 150 países y es importador exclusivo en México de las cervezas producidas por la empresa estadounidense Anheuser- Busch, entre las cuales se incluyen las marcas Budweiser y Bud Light. La participación de los productos Modelo representó el 83.33 % de las exportaciones de la Industria Cervecera Mexicana.

La distribución nacional de los productos de Grupo Modelo se realiza a través de su propia red, la cual está formada por compañías del grupo y de particulares. En lo que se refiere a la distribución internacional se efectúa por medio de distribuidores independientes en cada país y cuentan con oficinas de representación en los siguientes países (Sánchez *et Huerta*, 2003)

### **3.8 Propiedades nutricionales de la cerveza**

La cerveza es una bebida natural y saludable de baja graduación alcohólica, con características específicas en su composición y funcionalidad que la diferencia del resto de bebidas y le confiere un especial interés nutritivo (CICS, 2005).

En la cerveza podemos encontrar diferentes compuestos (alcohol, folatos, fibra soluble, polifenoles, maltodextrinas) que influyen directamente sobre el metabolismo humano. Así mismo se reporta que entre otras propiedades nutricionales de la cerveza, se puede indicar su elevado valor calórico, que aporta aproximadamente 45 Kca/100ml (Moctezuma, 2008). Este valor calórico está relacionado con sus contenidos en alcohol (7 Kcal/g) y a su extracto seco (4 Kcal/g).

#### **3.8.1 Alcohol**

Como promedio, en estudios realizados se considera como consumo ligero hasta 0.7-1 L diarios de cerveza (31-45 g de alcohol), moderado hasta 1.4-2 L (62-90 g de alcohol).

El alcohol, en cantidades ligeras o moderadas, aumenta el colesterol asociado a las lipoproteínas de alta densidad (HDL) en relación al habitual nivel que se da en personas abstemias. Este aumento de las HDL reduce los riesgos de enfermedades y accidentes cardiovasculares (White, 1996).

Paassilta *et al.*, (1998) en un estudio sobre una población de 259 hombres finlandeses con edades entre 40 y 60 años. Comprueban que la concentración de lipoproteínas de baja densidad (LDL) en sangre es superior en los abstemios (206 mg/L) y desciende al aumentar el consumo semanal de alcohol: 137 mg/L para los

consumidores de hasta 39 g semanales de alcohol, 109 mg/L para los de 39-132 g y 94 mg/L para los de más de 132 g. Resulta muy llamativo que consumos mínimos de alcohol (39 g semanales es algo menos de un litro de cerveza en este tiempo) tengan un efecto tan importante sobre las lipoproteínas de baja densidad. El consumo moderado de alcohol retrasa la aparición de la menopausia (Gavaler *et al.*, 1991, Ginsburg *et al.*, 1995, Ginsburg *et al.*, 1996, Torgerson *et al.*, 1997, Madigan *et al.*, 1998, Muti *et al.*, 1998).

En mujeres sometidas a terapia de reposición de estrógenos, Ginsburg *et al.*, (1996), comprobaron que un consumo de alcohol de 0.7 g por Kg de peso (del orden de un litro de cerveza estándar por día) dio lugar a un contenido en estradiol en sangre tres veces más alto.

### **3.8.2 Folatos**

Con este nombre se conoce a un grupo de derivados heterocíclicos con función biológica similar y una estructura básica común, que incluye al ácido p-aminobenzoico unido formando puente entre el ácido L-glutámico por un lado y la pteridina (o heterociclos derivados de éste) por otro. La pteridina está formada por un anillo de pirimidina acoplado a otro de pirazina (Hawkes *et Villota*, 1989).

Hawkes *et Villota* (1989) describen las propiedades, reactividad, estabilidad durante los tratamientos e implicaciones nutritivas de los folatos contenidos en los alimentos. La deficiencia en la ingesta de estos compuestos da lugar a una síntesis defectuosa de ácidos nucleicos y proteínas, es la causa más común de la anemia megaloblástica.

También se ha relacionado la deficiencia de ácido fólico en la dieta con disfunciones cardiovasculares (McDowell *et Ashfield*, 1997) y con el riesgo de adenoma colorectal (Giovannucci *et al.*, 1993).

La FAO/OMS recomienda una ingesta de 200 mg/día de folatos para los adultos, de 385 mg/día para las embarazadas y de 275 mg/día para las madres lactantes (Hawkes *et Villota*, 1989).

Se han publicado datos sobre el contenido en folatos de las cervezas. Mueller (1993) da unos valores de 2-4.4 mg/100 mL, con un valor promedio de 3. Esta concentración es realmente muy baja, aunque sorprendentemente su aporte a la ingesta media diaria puede no ser despreciable. La ingesta diaria de un litro de cerveza (cantidad considerada como saludable para individuos adultos normales) supondría 30 mg de folatos.

Esta ingesta supone un 15 % del total recomendado para un adulto normal, y el 10.9 % del recomendado a madres lactantes. Teniendo en cuenta los datos sobre las fuentes de folatos en la dieta de mujeres norteamericanas (Buttermorth *et Bendich*, 1996), la cerveza podría situarse en el primer o segundo lugar en cuanto a su aporte a la dieta.

### **3.8.3 Fibra soluble**

Los hidratos de carbono no digeribles forman parte de la "fibra soluble" de la cerveza. Esta fibra es importante para la salud, pues evita el estreñimiento, disminuye la incidencia de cáncer de colon, de diverticulosis y disminuye la colesterolemia. La ingesta recomendada de fibra dietética es de 30 g diarios de los que un tercio debe ser fibra soluble (Dreher, 1987). Las principales fuentes de fibra son los cereales, pero en la mayoría de ellos casi toda su fibra dietética es insoluble.

La fibra soluble de la cerveza está constituida por (1-3),(1-4)- $\beta$ -D-glucanos y arabinosilanos (Jee Yup Han *et Schwarz*, 1996), procedentes del endospermo de los granos de cebada. Son parcialmente degradados en la germinación del grano de cebada por acción de las respectivas enzimas.

Un litro diario de cerveza, cantidad que puede considerarse como recomendable para individuos adultos y sanos, puede llegar a aportar un 60 % de la ingesta recomendable de fibra soluble (White, 1996).

### **3.8.4 Maltodextrinas**

Las maltodextrinas contenidas en la cerveza están constituidas por unidades de glucosa enlazadas entre sí por enlaces  $\alpha$ -(1,4) y  $\alpha$ -(1,6), con un grado de polimerización habitualmente comprendido entre 4-10. Proceden de la despolimerización del almidón por acción de las amilasas del grano de cebada, y permanecen en el mosto y cerveza por la falta de actividad enzimática desramificante en la batería de enzimas que se producen en el proceso de germinación del grano. Su concentración habitual es del 2.6-3.5 % del peso de la cerveza (Piendl, 1990).

Cuando se formulan bebidas con glucosa, este carbohidrato pasa rápidamente a la sangre, lo que produce una fuerte subida de la concentración de glucosa que induce la secreción de las hormonas que metabolizan esta sustancia, dando por consecuencia una hipoglucemia. La formulación de bebidas con maltodextrinas corrige este efecto, puesto que la maltodextrina se metaboliza lentamente liberando unidades de glucosa que pasan progresivamente a la sangre. Esta posible propiedad de las maltodextrinas, ha sugerido la propuesta de que tanto las cervezas normales, como las cervezas sin alcohol y diversos extractos de malta puedan considerarse como bebidas para deportistas (Piendl, 1990).

### **2.8.5 Hidratación y equilibrio osmótico**

El agua es un componente esencial de la sangre, linfa, secreciones corporales (líquido extracelular) y líquido intracelular. Constituye aproximadamente un 60% del peso del cuerpo humano, siendo aproximadamente dos tercios de esta cantidad agua intracelular.

Piendl *et al.* (1996) han estudiado la cerveza, cervezas sin alcohol y extractos de malta desde el punto de vista de su osmolaridad, para evaluar de este modo su capacidad de rehidratación en comparación con otras bebidas para deportistas. Señalan que las cervezas sin alcohol y las de contenido reducido en alcohol son isotónicas o hipotónicas, al igual que las bebidas diseñadas para deportistas. Las

cervezas normales tienen mayoritariamente un comportamiento hipertónico (Maunder, 1985).

### **3.9 Levadura**

Tradicionalmente se han clasificado a las levaduras usadas en cervecería como especies pertenecientes al género *Saccharomyces* siendo dos especies principalmente:

- \* *Saccharomyces cerevisiae* o levadura ale
- \* *Saccharomyces carlsbergensis* o levadura lager

Estas especies se distinguen entre si principalmente por la capacidad sobre la capacidad que tienen de fermentar la melódica. Las *Saccharomyces carlsbergensis* pueden utilizar la melódica, contrario a *Saccharomyces cerevisiae* que no pueden (Heyse, 1983).

La levadura normalmente fermenta los azúcares produciendo principalmente alcohol y CO<sub>2</sub>. Durante su crecimiento produce ácidos orgánicos, reduciendo el pH del medio. Las levaduras son muy tolerantes a ácido y alcohol, el cual ellas producen.

Las levaduras necesitan determinados nutrientes para crecer, como compuestos nitrogenados; prefieren obtener nitrógeno en la forma de aminoácidos, y también requieren pequeñas cantidades de minerales incluyendo hierro, fósforo, potasio, magnesio, calcio, cobre, zinc, boro y otros en cantidades pequeñas. Las levaduras usualmente requieren de ciertas vitaminas entre las cuales están la tiamina, la biotina, el ácido nicotínico, la riboflavina y el ácido fólico. Todos estos nutrientes son requeridos para construir la estructura celular de la levadura (Heyse, 1983).

En condiciones óptimas de nutrición y temperatura, la levadura puede formar nuevas gemas cada 2 horas. La temperatura óptima para una levadura *ale* es alrededor de 30 °C y para una levadura *lager* es alrededor de 22 °C.

Durante la producción de cerveza, la levadura produce nuevas gemas cada 8 horas. El crecimiento de la levadura en fermentación puede ser limitado por

deficiencia de azúcares, compuestos nitrogenados o compuestos lipídicos (Berger *et Duboe-Laurence*, 1988).

### **3.9.1 Estructura de la célula de la levadura**

La célula de una levadura para la elaboración de cerveza mide entre 8 y 14  $\mu\text{m}$  de diámetro y un peso de materia seca de 40 pg. Cada célula está rodeada por una pared y en el interior de la misma se pueden distinguir en microscopio óptico pocas estructuras, salvo una o más vacuolas.

La pared celular representa el 30 % del peso seco total y tiene un grosor de 100-200 nm; está constituida por un 40 % de  $\beta$ -glucanos, otro 40 % de  $\alpha$ -mananos, 8 % de proteína, 7 % de lípidos, 3 % de sustancias orgánicas y 2 % de Hexosamina y quitina (Korzonas, 1997).

El  $\beta$ -glucano está unido a la proteína y representa el componente estructural más abundante; se halla en la cara interna de la pared. El  $\alpha$ -manano se encuentra también ligado a proteína, a veces a través de la hexosamina, y se encuentra en la cara externa de la pared. La superficie de la célula se encuentra con cara negativa, debido a la presencia de grupos carboxilo y fosfato en condiciones de pH de la cerveza. También se encuentran grupos amino, pero solo le confieren regiones locales de carga positiva relativamente pequeñas.

El núcleo de las levaduras ofrece un diámetro de 1.5  $\mu\text{m}$  y esta rodeado por una doble membrana. En su interior se alberga un área densa, en forma de media luna, a la que se denomina nucleolo (Korzonas, 1997).

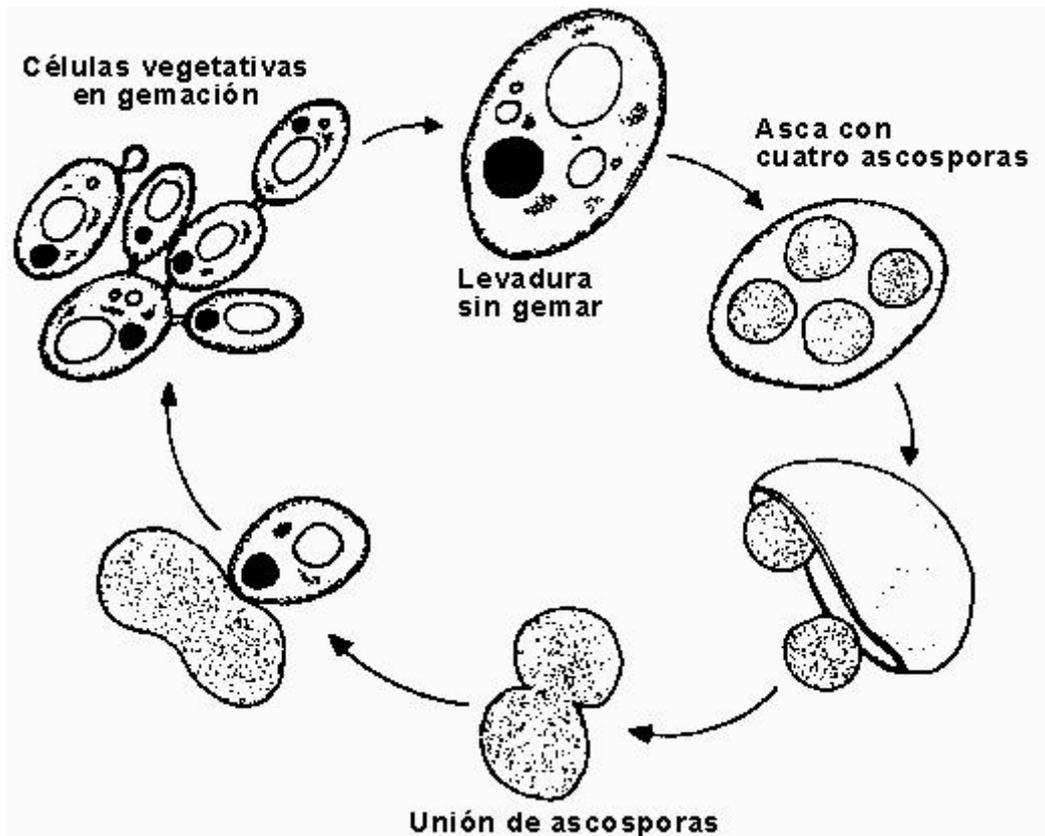


Figura 5. Ciclo biológico de *Saccharomyces cerevisiae*.

Fuente: [www.engromix.com/images/s\\_articles/celulas\\_ciclo\\_biologico.gif](http://www.engromix.com/images/s_articles/celulas_ciclo_biologico.gif); 2007

### 3.9.2 Metabolismo de la levadura cervecera

La levadura es un microorganismo que puede obtener la energía que necesita de la siguiente forma:

- En presencia de oxígeno (aeróbico) por respiración
- En ausencia de oxígeno (anaeróbico) por fermentación.

La levadura no solo produce alcohol también produce en su metabolismo elementos que influyen en el sabor y el carácter de la cerveza, por ello es importante conocer la estructura y composición de la levadura, su crecimiento y metabolismo (Krause, 1996).

- **En hidratos de carbono**

El metabolismo de los hidratos de carbono dentro de la levadura puede realizarse por dos vías: una anaerobia a través de la glucólisis terminando con la síntesis de

etanol y otra aerobia, iniciando con la glucólisis pero culminando con el proceso de respiración en las mitocondrias; la ruta que siga dependerá por un lado de la concentración de oxígeno del medio (efecto *Pasteur*) y al mismo tiempo es dependiente también de la concentración de azúcares en el medio (efecto *Crabtree*). Cabe señalar que aunque generalmente se considera a la levadura *S. cerevisiae* como un organismo facultativo, es decir, que en condiciones aerobias se ve favorecida la respiración, en realidad este microorganismo tiene una tendencia muy alta hacia el metabolismo anaerobio, aún cuando exista en el medio de cultivo baja concentración de azúcares y alta concentración de oxígeno. Esta levadura requiere condiciones microaerófilas para sintetizar ergosterol y ácidos grasos insaturados que le permitan crecer en el medio y en realidad la vía que se ve favorecida en la levadura es la fermentativa por la producción de etanol, lo que le permite satisfacer estos requerimientos (Santillan *et* García Garibay, 1998).

La fuente preferida de hidratos de carbono para la levadura cervecera son los azúcares de bajo peso molecular. La levadura utiliza por ejemplo mono-, di-, y oligosacáridos, mientras que los polisacáridos tales como las dextrinas, el almidón y la celulosa no son utilizados.

Los hidratos de carbono fermentables incluye (en orden decreciente de uso)

- Monosacáridos: glucosa, fructosa, manosa, galactosa.
  - Disacáridos: maltosa, sacarosa.
  - Trisacáridos: rafinosa, maltotriosa (no fermentados por todas las levaduras)
- (Santillan *et* García Garibay, 1998).

Una pequeña fracción de los azúcares no es fermentable pero es almacenada por la célula de la levadura en forma de glucógeno y tetralosa. Este acto es realizado para almacenar energía química para un uso posterior cuando no haya el azúcar disponible en el exterior de la misma. Esto es importante para retener energía en otras formas. Las más importantes reservas de energía son:

Adenosin difosfato (ADP) y Adenosin trifosfato (ATP). El ATP es importante como una reserva de energía y para transferir la misma (Stewart, 2001).

- **En nitrógeno**

La levadura requiere compuestos nitrogenados para formar sus propias proteínas celulares, esta prefiere utilizar sales de amonio, las cuales se encuentran en el mosto sólo en cantidades muy pequeñas. La principal fuente de nitrógeno para la levadura es por consiguiente aminoácidos y péptidos provenientes de la malta. Estos aminoácidos no son absorbidos igualmente por la levadura pero son absorbidos en una secuencia particular. La levadura no puede utilizar simplemente los aminoácidos en el mosto directamente en su forma original para la síntesis de su propia proteína celular (Santillan *et* García Garibay, 1998).

Los aminoácidos cuyos precursores son intermediarios de la vía glucolítica se presentan en concentraciones altas cuando hay fermentación pseudoanaeróbica, pero cuando el metabolismo es predominantemente fermentativo o predominantemente respiratorio disminuye su concentración y baja aún más cuando las condiciones son solo de respiración, en este caso se acumulan los aminoácidos que provienen de precursores que son intermediarios del ciclo de Krebs. De lo anterior se puede concluir que la concentración y tipo de aminoácidos que se formen estará en función del oxígeno disponible (Santillan *et* García Garibay, 1998).

- **Metabolismo de sustancias inorgánicas y factores de crecimiento**

El metabolismo de la levadura depende de un adecuado suministro de sustancias inorgánicas y factores de crecimiento. Según Power *et* Lynkruger (1997) los iones metálicos que se presentan en la tabla 6 son algunos de los iones que afectan las reacciones enzimáticas.

**Tabla 6.** Iones que afectan el metabolismo de la levadura.

Catión	Efectos sobre el metabolismo de la levadura
Potasio	Estimula todas las reacciones enzimáticas donde se involucre el ATP para la energía de metabolismo y para transporte activo entre las paredes celulares.
Sodio	Activa enzimas; tiene un papel importante en la transportación de sustancias entre la membrana celular.
Calcio	Retarda la degeneración de la levadura.
Magnesio	Muy importante para reacciones que involucran fosfatos, especialmente durante la fermentación.
Cobre	En bajas concentraciones inhibe algunas enzimas.
Hierro	Importante para las enzimas involucradas en la respiración.
Manganeso	Estimula la reproducción de las células y su crecimiento.
Zinc	Incrementa la síntesis de proteína, muy importante para la fermentación, la deficiencia resulta en una actividad enzimática inadecuada.

Fuente: Power et Lynkruger, 1997.

### 3.9.3 Floculación

Las células de levadura, suspendidas en la cerveza fermentada tienden a agruparse o flocular y formar masas sólidas, las cuales podrán ir a la superficie de la cerveza o sedimentarse en el recipiente, según sean de floculación de fondo o de superficie (Santillan et García Garibay, 1998).

### 3.9.4 Extracto de levadura de cerveza

La levadura de cerveza son las células secas y pulverizadas de *Saccharomyces cerevisiae*, es un complemento rico en proteínas y vitaminas del grupo B, de fácil digestibilidad y rápida absorción por el organismo.

Posee proteínas de alto valor biológico con buena composición en aminoácidos. Es dos veces más rica que las proteínas contenidas en las semillas de oleaginosas; sólo es igualada por el huevo y la leche. Es rico en contenido de

treonina e isoleucina en comparación con los vegetales ([http://www.pronat.com.mx/Temas/propiedades\\_levadura\\_cerveza\\_92.htm](http://www.pronat.com.mx/Temas/propiedades_levadura_cerveza_92.htm). 2007).

- **Proteínas**

El contenido de proteínas de la levadura es el elemento nutricional más importante. Las proteínas de la levadura presentan elevado contenido de lisina, son abundantes en isoleucina y treonina. Cabe destacarse que contiene niveles menores de metionina y cisteína, aminoácidos azufrados que se hallan en mayor cantidad en las proteínas de origen animal. Del total de las proteínas debe tenerse en cuenta que el 6-8 % se halla compuesto por ácidos nucleicos.

La ingesta de 20 g por día de levadura corresponde al 17 % de la dosis diaria recomendada de 65 g por día de proteínas para un hombre adulto de 70 kg. De esto se desprende que la levadura de cerveza es un suplemento proteico muy útil para dietas hipocalóricas deficientes en proteínas. Este texto fue tomado de la siguiente dirección electrónica, que habla de la importancia de las proteínas ([http://www.pronat.com.mx/Temas/propiedades\\_levadura\\_cerveza\\_92.htm](http://www.pronat.com.mx/Temas/propiedades_levadura_cerveza_92.htm) 2007).

- **Vitaminas**

Las levaduras contienen importante cantidad de vitaminas hidrosolubles del complejo B, incluye a las vitaminas B1-B2-B6, niacina y ácido fólico, biotina-pantotenato; sus funciones son las de participar en reacciones enzimáticas como co-enzimas (B1, B6, niacina, biotina, ácido fólico y pantotenato); en la síntesis de ácidos nucleicos (biotina y ácido fólico) y como activadores de funciones de la respiración celular (B2 y niacina).

El consumo de 20 g diarios de levadura cubre buena parte del requerimiento de vitaminas del complejo B de la dieta humana. El contenido de la levadura en vitaminas B1, B2 y niacina, supera en magnitud al de alimentos tan importantes como leche, queso y carnes, estos datos son el reporte de la siguiente página ([http://www.pronat.com.mx/Temas/propiedades\\_levadura\\_cerveza\\_92.htm](http://www.pronat.com.mx/Temas/propiedades_levadura_cerveza_92.htm), 2007).

- **Minerales y oligoelementos**

Los minerales que predominan en la levadura de cerveza son los fosfatos y el potasio, que cubren una importante parte de los requerimientos en el hombre, 34 % y 21 % respectivamente con la ingesta de 20 g de levadura. El contenido en elementos bioquímicamente importantes como azufre, magnesio y calcio es relativamente alto. Recientes estudios han demostrado que la suplementación con levadura seca, subsana total o parcialmente las deficiencias de estos minerales ([http://www.pronat.com.mx/Temas/propiedades\\_levadura\\_cerveza\\_92.htm](http://www.pronat.com.mx/Temas/propiedades_levadura_cerveza_92.htm), 2007).

- **Lípidos**

El contenido en lípidos de las levaduras puede variar entre 4-7% en base seca según las condiciones de propagación impuestas y las especies o cepas utilizadas. La especie *Saccharomyces cerevisiae*, empleada en la producción de levadura alimenticia, contiene una cantidad considerable de ácidos grasos insaturados que ayudan a controlar el colesterol. El contenido en ácidos oleico y linoleico es importante desde el punto de vista nutricional. La levadura contiene además esteroides de distintos tipos moleculares y compuestos como la lecitina ([http://www.pronat.com.mx/Temas/propiedades\\_levadura\\_cerveza\\_92.htm](http://www.pronat.com.mx/Temas/propiedades_levadura_cerveza_92.htm), 2007).

- **Hidratos de carbono**

La cantidad total de hidratos de carbono está en el orden del 30 % a 35 % de sustancia seca. Son principalmente carbohidratos de reserva tales como glicógeno y trealosa; el material estructural de la pared celular son polímeros de glucosa y manosa (glucanos y mananos) muy poco asimilables por el hombre.

Las levaduras son utilizadas además como agentes espesantes de alimentos pues poseen los mananos, los cuales no alteran sus propiedades por el calor y mejoran la viscosidad de ciertas preparaciones como salsas, comidas para niños, pastas, etc. Otra utilidad industrial sería su empleo como ligante de agua y grasas en productos cárnicos triturados ([http://www.pronat.com.mx/Temas/propiedades\\_levadura\\_cerveza\\_92.htm](http://www.pronat.com.mx/Temas/propiedades_levadura_cerveza_92.htm), 2007).

- **Fibra**

La levadura de cerveza es rica en fibra dietaria siendo su valor de alrededor del 18% de la materia seca (Vogel, 1999).

### **3.10 Importancia de los constituyentes del sedimento de cerveza.**

#### **3.10.1 Proteínas**

El termino *proteína* proviene de la palabra griega *protos* que significa “venir primero”. En los países en desarrollo las dietas son deficientes en proteínas. En contraste las dietas en el mundo desarrollado por lo general son abundantes en proteínas.

A excepción del agua las proteínas forman la parte principal del tejido magro del cuerpo y en conjunto constituyen alrededor del 17 % del peso corporal (Food and Nutrition Board, 1998).

Las proteínas son cruciales para la regulación y conservación del cuerpo. Proporcionan energía en promedio, 4 kcal/g. Cuando no se consume una cantidad apropiada de proteínas durante semanas, generan retrasos en muchos procesos metabólicos. Por ejemplo, el sistema inmunitario ya no funciona con eficiencia cuando carece de proteínas fundamentales y en consecuencia aumenta el riesgo de infecciones, enfermedades y finalmente, la muerte (Gordon *et al.*, 2004).

La fuente de proteínas más alta en nutrimentos es el atún envasado en agua, que tiene más de 80% de su energía en forma de proteína.

En la tabla 7 se muestran algunos ejemplos de las fuentes más ricas en este nutrimento.

Las personas adultas sólo necesitan las proteínas suficientes para compensar las pérdidas diarias. La RDR (requerimientos dietéticos recomendados) es de 0.8 a 1 g/kg de peso/día y para deportistas de alto rendimiento de 1.2 a 1.5 g/kg de peso/día (Krause *et al.*, 2000).

**Tabla 7.** Fuentes ricas de proteína.

Alimento y cantidad	Proteína (g)
Atún enlatado, 90 g	21.6
Pollo asado, 90 g	21.3
Paletilla de res, 90 g	15.3
Yogurt, 1 taza	10.6
Frijoles, ½ taza	8.1
Leche 1, 1 taza	8.0
Cacahuates, 30 g	7.3
Queso cheedar, 30 g	7.0
Huevo, 1 pieza	5.5

Fuente: Gordon *et al.*, 2004.

La deficiencia de proteínas rara vez es un padecimiento aislado, por regla general acompaña a la carencia de energía dietética y de otros nutrimentos que resulta del consumo insuficiente de alimentos (Gordon *et al.*, 2004).

### 3.10.2 Hidratos de carbono

Casi todas las formas de hidratos de carbono están compuestas de carbono, hidrógeno y oxígeno en una relación de 1:2:1, respectivamente. La fórmula general es:  $(CH_2O)_n$  en la que *n* representa el número de veces que se repite esta proporción (Gordon *et al.*, 2004).

Los carbohidratos son una fuente primaria de combustible para algunas células como las del sistema nervioso central y los glóbulos rojos. Los músculos también dependen de un suministro confiable de carbohidratos a fin de que se apoye la actividad física intensa. Los hidratos de carbono que producen un promedio de 4 kcal/g (Shils *et al.*, 2002).

Entre las principales fuentes de hidratos de carbono, tenemos a las pastas, cereales, frutas, azúcares, bebidas gaseosas y de concentrados de frutas, postres, entre otros. En la tabla 8 se muestran algunos ejemplos

**Tabla 8.** Fuentes ricas de hidratos de carbono.

Alimento y cantidad	(CH <sub>2</sub> O) <sub>n</sub> (g)
Papa al horno, 1 taza	57
Frijoles horneados, 1 taza	54
Frijoles navy, 1 taza	54
Pastas de grano corto, 1 taza	53
Arroz integral, 1 taza	46
Pasta grano largo, 1 taza	45
Espagueti, 1 taza	40
Lentejas, 1 taza	40
Elote dulce, 1 taza	39

Fuente: Gordon *et al.*, 2004.

La RDR de hidratos de carbono es de 130 g/día para adultos; el Food and Nutrition Board (1998) recomienda que el consumo de hidratos de carbono varíe de 45 a 65 % del consumo total de energía.

El principal problema cuando se consume una cantidad abundante de azúcar es que proporciona calorías vacías. Algunos otros problemas son: caries dental, índice glucémico alto y carga glucémica (Krause *et al.*, 2000).

### 3.10.3 Minerales

Los minerales representan cerca del 4 al 5 % del peso corporal. De todos los minerales presentes en el cuerpo el 50% corresponde al calcio, una cuarta parte es fósforo los otros cinco macrominerales (magnesio, sodio, cloro, potasio y azufre) y los 14 microminerales (hierro, cinc, cobre, yodo, manganeso, flúor, molibdeno, cobalto, selenio, cromo, estaño, níquel, vanadio y silicio) constituyen el porcentaje restante (Krause *et al.*, 2000).

- **Calcio**

El calcio es el mineral más abundante en el cuerpo. Conforman cerca del 1.5 al 2 % del peso corporal y 39 % de los minerales corporales totales. El 99 % del calcio está en los huesos y los dientes. El restante 1 % está en la sangre y los líquidos extracelulares (Krause *et al.*, 2000). Afecta la función de transporte de las membranas celulares, influye en la transmisión de iones a través de las membranas de los organelos celulares, en la neurotransmisión y contracción muscular (Casanueva *et al.*, 2001).

La tortilla de nixtamal, la leche y sus derivados, acociles, charales entre otros son considerados como fuentes importantes de calcio (Casanueva *et al.*, 2001). Se presentan en la tabla 9 algunos alimentos considerados ricos en este mineral.

**Tabla 9.** Fuentes ricas de calcio.

Alimento y cantidad	Calcio (mg)
Yogurt de frutas, 1 taza	345
Leche entera, 1 taza	302
Queso gruyere, 50 ml	287
Tofu firme, ½ taza	258
Queso mozzarella, 50 ml	207
Queso cheddar, 50 ml	204
Salmón enlatado, 160 g	185
Queso americano, 50 g	174
Harina de avena fortificada, ½ taza	163

Fuente: Gordon *et al.*, 2004

Los RDR para los adultos se basan en estimados de pérdidas obligatorias (200-250 mg/día) y a un porcentaje de absorción del 30-40 % (Krause *et al.*, 2000). La Fundación Nacional de Osteoporosis (National Osteoporosis Foundation) recomienda que las mujeres posmenopáusicas que no tienen tratamiento de reemplazo de estrógenos, consuman 1200 mg de calcio elemental al día.

Entre los principales padecimientos se puede presentar deformidades óseas, tetania, hipertensión y otras enfermedades (Krause *et al.*, 2000).

- **Sodio**

El sodio se localiza del 30-45 % en los huesos, es el catión más importante del líquido extracelular, regula la osmolaridad y el volumen de los líquidos corporales y el pH (Krause *et al.*, 2000).

Este mineral tiene que ver directamente en la contracción muscular y la irritabilidad nerviosa, en el equilibrio electrolítico ácido-base y la presión osmótica (Casanueva *et al.*, 2001).

El sodio es abundante en todos los alimentos, en especial en leche y derivados, pan blanco, zanahoria, espinacas, apio, productos en salmuera, embutidos y sal (Casanueva *et al.*, 2001). En la tabla 10 se muestran algunos ejemplos.

**Tabla 10.** Fuentes ricas de sodio.

Alimento y cantidad	sodio (mg)
Jamón, 42.5 g	564
Queso americano, 60 g	548
Bistec, 22.5 g	540
Galletas saladas, 12 piezas	486
Chicharos de lata, 1 taza	372
Queso cheddar, 42.5 g	307
Pan, 2 rebanadas	286
Tocino, 2 piezas	202

Fuente: Gordon *et al.*, 2004.

El cuerpo necesita alrededor de 100 mg/día. La FDA estableció este valor porque es compatible con los muchos informes del gobierno que fomentan consumos reducidos de sodio (Gordon *et al.*, 2004).

La pérdida de sodio solo es motivo de preocupación cuando la pérdida de peso por transpiración excede 2-3 % del peso total del cuerpo (Gordon *et al.*, 2004).

- **Potasio**

Igual que el sodio, el potasio es un electrolito fundamental en los líquidos del cuerpo. A deficiencia del sodio, el potasio se acompaña de valores de presión arterial más bajos (Shils *et al.*, 2002).

El potasio realiza muchas funciones del sodio como equilibrio hidroelectrico y ácido-base, la presión osmótica, participa de forma directa en la contracción del músculo esquelético y cardíaco, entre otros (Casanueva *et al.*, 2001).

Es abundante en casi todos los alimentos, (Casanueva *et al.*, 2001). En la tabla 11 se muestran ejemplos más ilustrativos de este mineral.

**Tabla 11.** Fuentes ricas de potasio.

Alimento y cantidad	Potasio (mg)
Frijol, 1 taza	715
Calabaza, $\frac{3}{4}$ taza	670
Yogur natural, 1 taza	570
Jugo de naranja, 1 taza	495
Melón, 1 taza	495
Plátano, 1 mediano	470
Zucchini, 1 taza	450
Frijoles de soya, $\frac{3}{4}$ taza	440
Jugo de jitomate, $\frac{1}{2}$ taza	400

Fuente: Gordon *et al.*, 2004.

En la actualidad, la necesidad mínima de potasio para adulto se estableció en 2000 mg/día (Gordon *et al.*, 2004).

La disminución sanguínea de potasio es un problema que pone en peligro la vida. Los síntomas suelen incluir pérdida del apetito, calambres musculares, confusión, estreñimiento y aumento de la excreción urinaria de calcio (Shils *et al.*, 2002).

- **Magnesio**

El magnesio ocupa el segundo lugar en cantidad como el catión intracelular después del potasio. El cuerpo humano adulto contiene aproximadamente 20-28 g de los cuales se encuentra cerca del 60 % en huesos, 26 % en músculos y el restante en tejidos blandos y líquidos corporales.

La función más importante del magnesio es estabilizar la estructura del ATP en las reacciones enzimáticas dependientes de ATP (Casanueva *et al.*, 2001). Principalmente encontramos como fuentes ricas a los tejidos animales, leche leguminosas, cereales integrales, tejidos vegetales verdes (Casanueva *et al.*, 2001) en la tabla 12 se muestran algunos ejemplos de manera más específica.

**Tabla 12.** Fuentes ricas de magnesio.

Alimento y cantidad	Magnesio (mg)
Tofu firme, ½ taza	118
Frijoles, 1 taza	115
Germen de trigo tostado, ¼ taza	90
Acelga cocida, ½ taza	75
Cacahuates tostados, ¼ taza	67
Papa horneada, 1 pieza	55
Cocoa en polvo, 2 cucharadas	52
Cereal con pasas, 50 g	48
Espinacas frescas, 1 taza	44

Fuente: Gordon *et al.*, 2004.

La ingesta diaria varía desde 187 mg para mujeres de 60-65 años de edad hasta 194 mg para las mujeres de 14-16 años de edad. Para los varones el rango de promedios fue de 250-297 mg (Krause *et al.*, 2000). Una deficiencia se manifiesta

por lo general mediante temblores, espasmos musculares, cambios de la personalidad, anorexia, náuseas y vómito (Krause *et al.*, 2000).

- **Hierro**

El cuerpo humano del adulto contiene de 3-5 g de hierro, aproximadamente 2000 mg como hemoglobina y 8 mg como enzimas. El hierro se conserva bien en el cuerpo; aproximadamente el 90 % se recupera y se reutiliza en forma extensa (Gordon *et al.*, 2004). Es el principal componente de la hemoglobina y la mioglobina, constituye enzimas oxidativas: citocromos, catalasas y peroxidasas (Casanueva *et al.*, 2001).

Principalmente lo encontramos en: tejidos animales, huevo, oleaginosas, leguminosas, cereales y algunos tejidos vegetales verdes (Casanueva *et al.*, 2001). La tabla 13 ilustra algunos ejemplos de este mineral.

**Tabla 13.** Fuentes ricas en Hierro.

Alimento y cantidad	Hierro (g)
Cereal de salvado de avena, 1 taza	15.0
Almendras horneadas, 90g	14.0
Espinaca, 1 taza	6.4
Frijoles, 1 taza	5.3
Carne asada en marmita, 120g	3.9
Sirloin, 120g	3.8
Hígado de res frito, 60g	3.6
Camarones, 90g	2.7
Garbanzos, ½ taza	2.4

Fuente: Gordon *et al.*, 2004

El consejo de alimentos y nutrición (Food and Nutrition Board) recomienda una ingesta diaria de 10 mg de hierro para los varones y mujeres posmenopáusicas. Una ingesta de 15 mg/día se recomienda para las mujeres durante los años productivos para reemplazar las pérdidas de la menstruación y para proporcionar

los suficientes depósitos de hierro para sostener un embarazo (Krause *et al.*, 2000).

La deficiencia de hierro es la deficiencia nutricional más frecuente, así como la causa más frecuente de anemia en niños y mujeres durante los años reproductivos a nivel mundial. Los grupos que se consideran en mayor riesgo son lactantes menores de 2 años de edad, niñas adolescentes, embarazadas y los ancianos. La etapa final de deficiencia de hierro se manifiesta por anemia microcítica (Shils *et al.*, 2002).

#### **3.10.4 Vitaminas**

Las vitaminas son esenciales en el metabolismo, necesarias para el crecimiento y para el buen funcionamiento del cuerpo. Solo la vitamina D es producida por el organismo, el resto se obtiene a través de los alimentos (Shils *et al.*, 2002).

- **Tiamina**

La tiamina consiste en un carbono central, al cual se une un anillo de nitrógeno de seis miembros y un anillo de cinco elementos que contiene azufre. El nombre proviene de *thio*, que significa azufre y *amine*, que se refiere a los grupos nitrógeno en las moléculas (Gordon *et al.*, 2004).

La tiamina actúa como coenzima pirofosfato de tiamina (TPP) en el metabolismo de los carbohidratos y aminoácidos de cadena ramificada (leucina, isoleucina y valina). Participa de manera específica en la descarboxilación de *cetoácidos alfa* y en la acción de la enzima *transcetolasa* (Berg *et al.*, 2002). La TPP también influye en la actividad nerviosa (Food and Nutrition Board, 1998 ; Shils *et al.*, 2002).

La RDR de tiamina para mujeres y varones adultos es de 1.2 mg/día y 1.1 mg/día, respectivamente (Shils *et al.*, 2002). Las necesidades de tiamina surgen en personas físicamente activas, pero no son tan notables. Al parecer no existen

efectos adversos por el consumo excesivo de tiamina de alimentos o suplementos (Gordon *et al.*, 2004).

Los principales contribuyentes individuales de tiamina a la dieta se muestran en la tabla 14.

**Tabla 14.** Fuentes ricas de tiamina.

Alimento y cantidad	Tiamina (mg)
Levadura de cerveza, 2 cucharadas	2.4
Chuletas de puerco, 120 g	0.6
Germen de trigo ¼ de taza	0.5
Calabaza, 1 taza	0.4
Leche de soya, 1 taza	0.4
Tortilla de harina, 1 pieza	0.4
Sandía, 1 rebanada	0.2
Jugo de naranja, 1 vaso	0.2
Maíz, ½ taza	0.2

Fuente: Gordon *et al.*, 2004.

La enfermedad clásica por deficiencia de tiamina es el *beri beri*. Daña el sistema nervioso, piel y tubo gastrointestinal, debido a que sus células se reemplazan con frecuencia, lo que requiere un ingreso considerable de energía (Shils *et al.*, 2002).

- **Riboflavina**

La riboflavina contiene tres anillos de seis miembros enlazados, con un alcohol de azúcar unido al anillo medio. La riboflavina es un componente de dos coenzimas: mononucleótido de flavina (FMN) y dinucleótido de adenina flavina (FAD) (Gordon *et al.*, 2004).

Una cuarta parte de la riboflavina de la dieta proviene de productos lácteos. La exposición a la luz (radiación ultravioleta) origina la descomposición rápida de la riboflavina. En la tabla 15 se presentan algunos alimentos ricos en riboflavina.

**Tabla 15.** Fuentes ricas en riboflavina.

Alimento y cantidad	Riboflavina (mg)
Cheerios multigrado, ¾ taza	1.3
Hígado de res frito, 30 g	1.2
Ostiones al vapor, 10 piezas	1.1
Yogurt, 1 taza	0.5
Levadura de cerveza, 2 cucharadas	0.5
Espinaca cocida, 1 taza	0.4
Leche, 1 taza	0.4
Huevo cocido, 1 pieza	0.3
Tortilla, 1 pieza	0.2

Fuente: Gordon *et al.*, 2004.

Los signos y síntomas relacionados con carencia de riboflavina incluyen glositis, quelosis, dermatitis seborreica, estomatitis y la garganta, varios trastornos oculares y del sistema nervioso y confusión (Gordon *et al.*, 2004).

- **Vitamina B<sub>6</sub>**

La vitamina B<sub>6</sub>, es una familia de 3 compuestos: piridoxal, piridoxina y piridoxamina. Las tres formas pueden fosforilizarse en las coenzimas de vitamina B<sub>6</sub> activa, de estas la principal es el fosfato de piridoxal (PLP). (Berg *et al.*, 2002).

Algunas de las funciones de la vitamina B<sub>6</sub> son las siguientes: participa en el metabolismo de aminoácidos, en los glóbulos rojos se inserta en la hemoglobina para conservar en su sitio el hierro, en el metabolismo de los hidratos de carbono ayuda a conservar las concentraciones sanguíneas de glucosa evitando un estado glucémico. Afecta la función inmunitaria y tal vez otras funciones (Berg *et al.*, 2002).

La vitamina B<sub>6</sub> se almacena en los tejidos musculares de animales, en consecuencia, la carne, el pescado y el pollo son algunas de las mejores fuentes

de esta vitamina, los granos enteros también son buenas fuentes de vitamina B<sub>6</sub>. En la tabla 16 se mencionan algunos ejemplos de esta vitamina.

**Tabla 16.** Fuentes ricas en vitamina B<sub>6</sub>.

Alimento y cantidad	B <sub>6</sub> (mg)
Salmón horneado, 90 g	0.8
Papa al horno, 1 mediana	0.7
Plátano, 1 pieza	0.7
Aguacate, 1 pieza	0.5
Levadura de cerveza, 2 cucharadas	0.5
Pechuga de pollo asada 90 g	0.5
Calabaza, 1 taza	0.5
Pan de trigo entero, 1 rebanada	0.5
Hígado de res frito, 30 g	0.4

Fuente: Gordon *et al.*, 2004.

La RDR en adultos para la vitamina B<sub>6</sub> es de 1.3 a 1.7 mg/día. Los síntomas de carencia de vitamina B<sub>6</sub> incluyen dermatitis seborreica, anemia microcítica, convulsiones, depresión y confusión (Shils *et al.*, 2002).

- **Folato**

La palabra folato deriva del término latino para hoja (*folium*) porque las verduras de hoja verde oscuro son una de las mejores fuentes de esta vitamina (Berg *et al.*, 2002). Ácido fólico se refiere a la forma de la vitamina que se encuentra en suplementos y alimentos enriquecidos (Food and Nutrition Board, 1998).

Las funciones más importantes que desempeñan los folatos son las siguientes: reacciones metabólicas e interconversiones de aminoácidos (Berg *et al.*, 2002).

El procesamiento y la preparación de los alimentos pueden destruir 50-90 % del folato, ya que este es muy sensible al calor, oxidación y luz ultravioleta.

La RDR de folato en adultos es de 400 µg/día. Este parámetro se basa en la cantidad necesaria para conservar el folato de los glóbulos rojos, controlar la homocisteína sanguínea y mantener concentraciones sanguíneas normales de folatos; asimismo considera el consumo necesario para prevenir defectos del tubo neural en mujeres fértiles (Shils *et al.*, 2002). En la tabla 17 se reportan algunos alimentos ricos en folatos, los cuales incluyen frutas, verduras y leguminosas.

**Tabla 17.** Fuentes ricas en folatos

Alimento y cantidad	Folato (µg)
Espárragos, 1 taza	263
Espinaca cocida, taza	262
Lentejas cocidas ½ taza	179
Chicharos, ½ taza	179
Lechuga romana, 1 ½ tazas	114
Tortilla, 1 pieza	89
Nabos cocidos, ½ taza	85
Brócoli cocido, 1 taza	78
Jugo de naranja fresco, 1 vaso	75

Fuente: Gordon *et al.*, 2004.

La carencia de folato puede resultar de un consumo bajo; absorción inadecuada, que con frecuencia se acompaña con alcoholismo; aumento de los requerimientos, que ocurre con más frecuencia durante el embarazo; alteración de su utilización, por lo general acompañada con carencia de vitamina B<sub>12</sub> (Shils *et al.*, 2002).

### 3.11 Evaluación nutricional del sedimento de cerveza

Para realizar el análisis nutricional de la muestra se utilizaron métodos fisicoquímicos.

- **Humedad**

Es difícil definir el agua que se desea cuantificar, por las especiales propiedades de la misma. En la industria agroalimentaria solo se usan “métodos de referencia prácticos”, calibrados con respecto al método de referencia absoluto, o todavía más, los métodos rápidos (Maier, 1990).

- Métodos de referencia absolutos: método termogravimétrico, método de Kart Fischer.
- Métodos termogravimétricos de referencia prácticos
- Métodos rápidos: son numerosos pero todos necesitan una calibración respecto a un método de referencia (Maier, 1990).

- **Compuestos nitrogenados**

Las proteínas constituyen el principal componente de las sustancias nitrogenadas, ocupando una posición de primera importancia en las producciones agroalimentarias porque condicionan las propiedades funcionales de numerosos productos; además desempeñan un papel específico en el campo nutricional. Por lo tanto, su determinación es una necesidad imperiosa, aunque se cuantifican de forma indirecta y aproximada. Los métodos más empleados son el de Kjeldahl y Dumas.

- **Hidratos de carbono**

La cuantificación de los azúcares puede abordarse de diversas formas. El método deberá elegirse en función del objetivo concreto del análisis. A continuación se mencionan algunos métodos.

- Cuantificación de los azúcares reductores
- Cuantificación de los azúcares totales
- Cuantificación polarimétrica de los azúcares

- **Minerales**

Existen diversos métodos en los que destacan: espectrometría de emisión atómica (EEA), espectrometría de absorción atómica (EAA) y otros métodos espectrométricos (espectrometría de absorción atómica electrotérmica (EAA-ET),

espectrometría de fluorescencia de rayos X (EFX), análisis por activación neutrónica (AAN)) (Maier, 1990).

- **Vitaminas**

Los métodos tradicionales para la determinación de vitaminas requieren del análisis individual de cada una por métodos que involucran diversas técnicas instrumentales como la espectrometría, colorimetría, fluorimetría y en algunos casos bioensayos. La elección del método generalmente depende de la precisión y de la sensibilidad requerida y las interferencias posibles en la muestra estudiada (Maier, 1990).

La cromatografía de líquidos de alta resolución (HPLC por sus iniciales en inglés) se ha convertido en la técnica más popular para determinar vitaminas hidrosolubles.

#### **IV.- PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

---

Hasta el momento el conocimiento que se tiene sobre el valor nutrimental del sedimento de cerveza elaborada con cebada maltera producida en el estado de Hidalgo es nula. Es de importancia mencionar que en la industria cervecera este sedimento se desecha, se utiliza como alimento para animales o se vende para elaborar tabletas de extracto de levadura, sin aprovechar al máximo las propiedades nutrimentales que posiblemente pudiera tener. Tomando como referencia que México actualmente ha incrementado su nivel de producción de cerveza a nivel mundial y que se cuenta con duopolios importantes en su producción es de gran interés e importancia estudiar, valorar y proponer el uso de este sedimento como complemento alimenticio en deportistas de alto rendimiento, niños con algún estado de desnutrición, mujeres embarazadas, etc. para un mejor estado de salud y de vida.

Gran porcentaje de cebada que se produce en el estado de Hidalgo se emplea para la obtención de cerveza, por lo que este proyecto podría ampliar sus aplicaciones mediante la elaboración de una bebida con alto valor nutricional, con lo que es necesario valorar si el sedimento de cerveza tiene un alto porcentaje de nutrientes que pueda aportar, complementar y mejorar el estado de nutrición de quien lo consume.

#### **V.- JUSTIFICACIÓN**

Este trabajo dará las primeras bases para el aislamiento y caracterización del sedimento de cerveza después de la etapa de fermentación en cerveza artesanal producida en la región de Hidalgo. Se desarrollará la metodología apropiada para su aislamiento y conservando la integridad de su calidad. Así esto implicará evaluar su composición de nutrimentos. Generando con esto posibles usos en la industria de los alimentos.

Este trabajo dará las bases para continuar trabajando con el sedimento de cebada en la elaboración industrial de la bebida como parte del complemento alimenticio para personas que tengan un alto desgaste energético o que se encuentren en

riesgo de desnutrición, así como evaluar otras condiciones que permitan generar conocimiento sobre el sedimento de cerveza con cebada producida en el estado de Hidalgo.

Para la realización de este proyecto se contó con la capacidad técnica y científica de los grupos de investigación de alimentos del Centro de Investigaciones Químicas (CIQ) y de infraestructura, perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

El efecto benéfico que se obtendría sería determinar el valor nutritivo y darle un valor agregado al sedimento.

## VI.- OBJETIVOS

---

### 6.1 Objetivo general

Evaluar el estado fisiológico de la levadura y los nutrimentos contenidos en el sedimento de cerveza.

### 6.2 Objetivos específicos

- Evaluar el estado fisiológico y la reproducción de la levadura *Saccharomyces carlsbergensis* después de la fermentación.
- Determinar el contenido de los principales componentes del sedimento de cerveza (proteínas e hidratos de carbono).
- Cuantificar las vitaminas hidrosolubles presentes en el sedimento de cerveza.
- Determinar y cuantificar la presencia de minerales y elementos traza en el sedimento de cerveza.

## VII.- HIPÓTESIS

Los nutrimentos presentes en el sedimento de cerveza del grano de cebada tienen un alto valor nutrimental, adecuado para cubrir un porcentaje considerable del aporte energético diario.

## VIII.- MATERIALES Y METODOS

---

Este trabajo experimental se realizó en los laboratorios de: Alimentos I, Microbiología y Pruebas del Centro de Investigaciones Químicas (CIQ) de la U.A.E.H. Cabe mencionar que en todas las técnicas de análisis que se aplicaron en este trabajo de investigación, se realizaron como mínimo tres réplicas.

### 8.1 Materia Prima

Se utilizó sedimento de cerveza a 3 concentraciones para el desarrollo de este trabajo. El cual fue residuo de la elaboración de cerveza artesanal de tipo lager, utilizando cebada maltera producida en el estado de Hidalgo y con la adición de la levadura *Saccharomyces carlsbergensis* (Nottingham®).

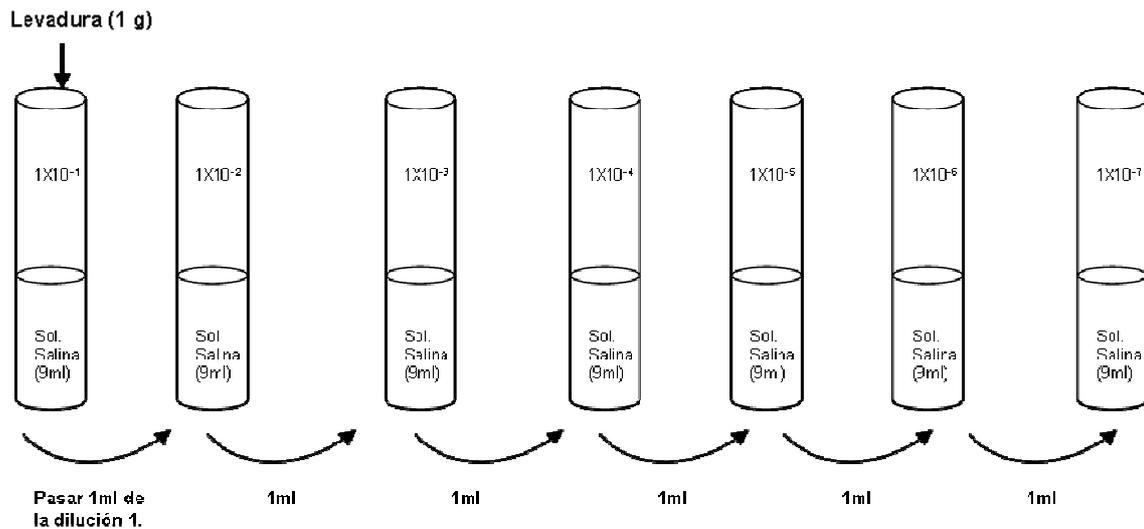
### 8.2 Métodos

#### 8.2.1 Siembra y Conteo de levaduras

En condiciones asépticas se pesó 0.1 g del sedimento de cerveza y se diluyó en una solución salina isotónica (NaCl al 0.85 %) en 100 mL de agua destilada. Posteriormente se realizaron 7 diluciones (figura 6) tomando 1 mL de la solución y diluyendo en 9 mL de solución salina isotónica, se agitó por medio de un Vortex durante 10 segundos cada tubo.

Se seleccionaron al azar diluciones impares  $1 \times 10^{-1}$ - $10^{-7}$ ; se tomó 1 mL de cada dilución y se inoculó (método por vaciado en placa) en cajas petri con agar de papa y dextrosa (APD) adicionado de cloranfenicol a una concentración de 100 mg/L, agar a pH 7. Se incubaron durante 72 horas a 20 °C, se incubó por triplicado cada dilución de la muestra (BAM, 2001).

Después de la incubación se estimó el número de unidades formadoras de colonias (UFC) presentes en 1 g de levadura mediante el conteo de las colonias formadas en cada una de las placas, para ello se utilizó un contador de colonias.



**Figura 6.** Diluciones de la muestra para el conteo de levaduras.

Una vez llevado a cabo el conteo se determinó el estado fisiológico (estrés celular) de la levadura haciendo una nueva siembra en placas nuevas en APD a un pH de 7 y pH 4.5. Esta técnica se repitió por triplicado. El número de UFC estresadas se calculó por la diferencia entre número de UFC que crecieron en el APD a pH 7 y 4.5.

## 8.2.2 DETERMINACIONES ANALÍTICAS

### 8.2.2.1 Humedad

Esta prueba se basa en la pérdida de agua que experimenta la muestra al ser calentada hasta peso constante. El método que se tomó como base fue el 925.10 de la AOAC (1990). Para la medición, se utilizaron charolas de aluminio previamente puestas a peso constante. Se pesaron 3 g de la muestra molida, la cual fue introducida en una estufa Fisher Scientific con recirculación de aire a  $90 \pm 3$  °C por 4 horas. Transcurrido este tiempo las charolas se enfriaron a temperatura ambiente en un desecador hasta peso constante y pesaron. El porcentaje de humedad se calculó bajo la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de humedad} = (P1 - P2/m) * (100)$$

Donde:

P1 = peso de la charola con muestra antes de ser secada (g).

P2 = peso de la charola con muestra después de secada (g).

m= peso de la muestra (g).

### 8.2.2.2 Proteínas

El método empleado fue el 46.10 de la AACC (2001) por medio del método kjeldahl. La muestra de 0.2 g con 7 g de sulfato de potasio y 0.1 g de sulfato de cobre se sometió a una digestión con 20 mL de ácido sulfúrico concentrado a una temperatura de 400 °C en un digestor kjeldahl 80 ESEVE, esta reacción convirtió el nitrógeno orgánico e inorgánico en nitrógeno amoniacal. Después de 12 horas de digestión, las muestras tenían un color transparente por lo que se procedió a sacarlas.

Fue necesario adicionar 60 mL de agua destilada aproximadamente a cada muestra para evitar que el sulfato de cobre se precipitara. La destilación se llevó a cabo en un destilador marca Labconco RapidStill, USA utilizando NaOH al 60 % para que el amoniaco se liberara. Se destiló la muestra utilizando 50 mL de solución de ácido bórico para recibir el destilado. Posteriormente se tituló con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.13 M que en forma indirecta es proporcional al contenido de nitrógeno. El factor de conversión utilizado fue 5.85 que es el empleado para cebada. Se obtuvo el contenido de proteína empleando la siguiente fórmula:

$$\% \text{ de proteína} = (V * M * PM * 100 * f) / (100 * P_o)$$

Donde:

V= volumen gastado de ácido

M= molaridad del ácido

PM= peso molecular del nitrógeno 14.007 g/mol

f= factor de conversión

P<sub>o</sub>= peso de la muestra

### **8.2.2.3 Hidratos de carbono totales y reductores**

*Azúcares totales (AT)*. La concentración total de azúcares se determinó mediante el método Fenol-ácido Sulfúrico (Dubois *et al.*, 1956) con una curva de glucosa como estándar, utilizando un espectrofotómetro UV-Vis Shimadzu UV-2101PC, a 490 nm.

*Azúcares Reductores (AR)*. El contenido de azúcares reductores presentes en los hidrolizados se estimó usando el método de ácido 3,5-Dinitro-Salicílico (DNS) (Millar, 1959), con glucosa como estándar. La absorbencia se midió en el espectrofotómetro UV-Vis, a 550 nm.

### **8.2.2.4 Minerales y elementos traza**

Los minerales a determinar fueron: calcio, hierro, sodio, magnesio, potasio, zinc, cromo, cadmio y plomo. Se realizó una digestión de 0.5 g de muestra seca y tamizada a 250 (micrómetros) con 10 mL de ácido nítrico en un horno de microondas CEM modelo "Marsx" a 1200 watts, con control de temperatura a 200 °C y 300 Psi de presión, utilizando 10 minutos de calentamiento. La lectura de metales se realizó en un espectrofotómetro de emisión atómica con plasma acoplado inductivamente (ICP) Perkin Elmer modelo "Optima 3000XL".

### **8.2.2.5 Vitaminas hidrosolubles**

La separación cromatográfica se realizó en un equipo Beckman Gold System con un módulo programable de solventes Modelo 126 y un módulo detector programable Modelo 126 operando en la región de UV a 254 nm. La separación se logró en una columna C<sub>18</sub> marca Waters (250 x 4.6mm D.I.), empacada con Spherisorb ODS con partículas de 5 µm de diámetro. La fase móvil o eluyente utilizado fue buffer de fosfatos (0.1N) – metanol (85:15, v/v), con hexanosulfonato de sodio 5 mM a un flujo de 1.0 mL/min. El volumen de muestra inyectado fue de 50 µL y todas las determinaciones de muestras se realizaron a temperatura ambiente.

Al final de cada serie de determinaciones, la columna se lavó con un gradiente de agua-metanol desde 100:0 hasta 50:50 para remover los residuos solubles y se almacenó en esta misma mezcla (Albalá *et al.*, 1997).

### **8.3 Análisis y valoraciones de los resultados**

Todos los análisis se realizaron al menos por triplicado lo cual permite obtener los resultados de una media de valores y su desviación estándar. Se realizaron además análisis estadísticos valorando la varianza y mediante el uso de un análisis de varianza (ANOVA) se determinaron las variaciones significativas o no de los resultados. Usando el software de Microsoft office Excel 2003.

## IX.- RESULTADOS Y DISCUSIONES

---

Este trabajo de investigación es la continuación del trabajo “Efecto del método de elaboración de mosto y la concentración del inóculo en la calidad de una cerveza” (Moctezuma, 2008). Por consiguiente este trabajo de investigación tiene como objetivo realizar una evaluación nutricional del sedimento de cerveza.

Para el proceso de fermentación Moctezuma (2008) utilizó 3 concentraciones distintas de inóculo (1.5, 2.5 y 3 g/L), el sedimento de estas fermentaciones fueron la muestra experimental de este trabajo, por lo que inicialmente se extrajo este sedimento y posteriormente se manipuló.

### 9.1 Evaluación del estado fisiológico y la reproducción de la levadura después de la fermentación

En la tabla 18 se presenta el contenido total de las células de levaduras, las cuales se calcularon por microscopía óptica. Para el recuento total de las células vivas de levaduras se realizó por conteo en placa. Por lo que se utilizó Agar de papa y dextrosa a pH 7, al cual se le adicionó Cloranfenicol a una concentración de 100 mg/L. Para saber la estimación del número de células de levaduras no estresadas, se utilizó el método anterior pero a pH 5.5 el cual se muestra en la tabla 18. El número de células estresadas de levadura se obtuvo restando del total de vivas el número de no estresadas, finalmente el número de células muertas se calculó restando del total global el total de vivas.

**Tabla 18.** Contenido de levaduras/g de sedimento según estado fisiológico

Total	Total vivas* <sup>1</sup>	No estresadas* <sup>1</sup>	Estresadas* <sup>1</sup>	Muertas * <sup>1</sup>
1x10 <sup>8</sup> células/g	4.2 x10 <sup>7</sup>	1.5 x10 <sup>7</sup>	2.7 x10 <sup>7</sup>	5.8 x10 <sup>7</sup>

\* Unidades Formadoras de Colonias (UFC)/g

<sup>1</sup> Promedio de muestras por triplicado

Las colonias de levadura procedentes de las diluciones  $1 \times 10^{-1}$  y  $1 \times 10^{-3}$  fueron incontables, por lo que se tomó la dilución  $1 \times 10^{-5}$ , donde se estimó un promedio de 157 UFC/mg de sedimento.

Este promedio se considera bueno ya que la levadura se reprodujo rápidamente pese al proceso previo de fermentación, además de que las diluciones 1 y 3 fueron incontables debido a la saturación de UFC. Donde se reporta un 42 % de células vivas y un 58 % de células muertas. En la tabla 18 se puede observar que el número de levaduras es muy alto. Esto nos permite tener doble utilidad por un lado estas levaduras vivas se pueden someter nuevamente a un proceso de fermentación. Así mismo el gran número de levaduras no viables pueden ser usadas como alimentos funcionales debido a su gran contenido de nutrientes.

En la tabla 18 se reportan el número de células vivas y muertas el tipo de levadura que se utilizó en el proceso de fermentación fue comercial y no estuvo influenciado directamente por la concentración de inóculo para su propagación. En estudios anteriores realizados por Ramírez (2006) midió la densidad óptica la cual es una medida indirecta del crecimiento de la levadura, también comparó el crecimiento entre levadura activada y levadura comercial.

La levadura activada es la que depende directamente de la concentración de inóculo para su propagación, por lo que Ramírez (2006) concluyó que la levadura no activada tuvo un desarrollo más bajo debido a que el volumen de muestra inoculada no fue suficiente.

## **9.2 Porcentaje de humedad**

Para este trabajo experimental se consideró importante saber que cantidad de agua presentaba la muestra, ya que dependiendo del porcentaje sería el cuidado que se tendría para evitar una contaminación microbiana o el deterioro de ésta.

También se considera importante saber la cantidad de agua para reportar algunas determinaciones nutrimentales en mg de nutriente/g de peso seco de la muestra. En la tabla 19 se muestra la cantidad de agua presente en el sedimento de cerveza, expresada como humedad de la muestra, observando que éste es el

principal componente del sedimento, pese a que previo a su manipulación fue centrifugado. En todos los casos se observó una humedad del sedimento relativamente alta (entre 75-80 % m/h), así mismo los valores obtenidos de las desviaciones estándar fueron bajos, lo que corrobora la precisión de los resultados.

Estos resultados eran los esperados tomando en consideración que la cerveza posee bajos contenidos de sólidos disueltos. A pesar de que la muestra fue sometida aun proceso de centrifugación para eliminar el exceso de agua, aun se puede observar que permaneció un remanente superior al 75 %, como se muestra en la tabla 19. Esto indica que la muestra deberá ser almacenada en refrigeración o bien sometida aun proceso de secado a temperaturas inferiores a los 40 °C para evitar que la muestra presente un deterioro de nutrimentos.

### 9.3. Determinación del contenido nutrimental de los principales componentes del sedimento de cerveza.

Los resultados se observan en la tabla 19. Se consideraron como principales componentes nutrimentales las proteínas y los hidratos de carbono, presentados como azúcares totales (AT) y fermentables (AF). A continuación son analizados y discutidos por cada uno de dichos componentes. Es importante destacar que los valores que se muestran para proteínas e hidratos de carbono (azúcares), fueron realizados en base seca (restada la humedad del sedimento).

**Tabla 19.** Resultados obtenidos de los macro constituyentes presentes a diferentes concentraciones de inóculo en el sedimento de cerveza (D.E).

Concentración del inóculo g/L	% humedad*	% proteínas	AT g/L	AF g/L
<b>1.5(A)</b>	<b>79.10</b> (0.49) <sup>b</sup>	<b>90.50</b> (0.79) <sup>c</sup>	<b>8.90</b> (0.16) <sup>c</sup>	<b>3.34</b> (2.02) <sup>b</sup>
<b>2.5(B)</b>	<b>78.14</b> (0.47) <sup>a</sup>	<b>83.84</b> (0.75) <sup>b</sup>	<b>7.68</b> (0.15) <sup>b</sup>	<b>2.92</b> (0.67) <sup>b</sup>
<b>3.0(C)</b>	<b>78.46</b> (0.60) <sup>a</sup>	<b>79.89</b> (1.18) <sup>a</sup>	<b>4.71</b> (0.31) <sup>a</sup>	<b>1.50</b> (2.16) <sup>a</sup>

\*expresado en materia húmeda

- Letras distintas dentro de las columnas indican diferencias significativas estadísticas.

### 9.3.1 Proteínas

En relación al contenido de proteínas se puede observar que difiere notablemente el porcentaje presente en el sedimento, con relación a la concentración del inóculo que se utilizó durante el proceso de fermentación. Es por tal motivo que las 3 concentraciones de sedimento de cerveza tienen contenido de proteínas diferentes (Tabla 19).

En la tabla 19 se observa que a menor concentración de inóculo es mayor el porcentaje de proteína, básicamente esto se debe a que la concentración de proteínas que se formaron, estuvieron en función del oxígeno disponible, lo cual reportan algunos autores (Santillan *et* García-Garibay, 1998). Por lo que la concentración A nos da una media de 90.5 %, siendo este el rendimiento más alto de proteína. Esto se puede explicar debido a que existía una mayor cantidad de nutrientes disponibles para las levaduras dando con ello una mayor tasa de reproducción y por consecuencia mayor porcentaje de proteínas.

Con respecto a la concentración C se reporta una media de 79.89 %, la cual indica tener el rendimiento más bajo comparado con A y B. Esto confirma claramente el efecto anteriormente explicado, debido a la gran cantidad de levadura y a la intensa competencia por los nutrimentos. Finalmente quien posee un contenido intermedio de proteínas fue la concentración B, con una media de 83.84 %.

Para fines de utilizar este sedimento como complemento alimenticio, que es una propuesta de este trabajo de investigación, en general las tres muestras son de muy buena calidad por su elevado porcentaje de proteínas. Comparamos con la tabla 7 reportada por Gordon *et al.*, (2002), en la cual se observa que el alimento con mayor cantidad de proteínas es el atún enlatado, donde 90g de este alimento aportan 21.6 g de proteína. Si se toman 90 g de sedimento de cerveza se obtienen entre 81 g (concentración A) y 72 g de proteína (concentración C).

Para el caso de utilizarlo como suplemento se prefiere la concentración A, si lo que se desea es utilizarlo en niños con desnutrición proteica, en deportistas de alto rendimiento con mayor desgaste muscular o en mujeres embarazadas que por su estado fisiológico requieren un mayor aporte de nutrimentos, que es en el que se utilizó un inóculo de 1.5 g/L.

También es importante remarcar que a nivel de costos es mejor trabajar con concentraciones de inóculos pequeños dando con esto una inversión menor. Así mismo se garantiza una buena reproducción y por consecuencia una mejor cosecha de levadura a precios bajos.

### **9.3.2 Hidratos de carbono**

Generalmente los hidratos de carbono se cuantifican en azúcares totales y fermentables, por lo que se evaluaron por separado en este trabajo de investigación. La presencia de los azúcares en el sedimento de cerveza es muy relevante debido a que la cebada posee una gran concentración y podría existir una gran cantidad en el sedimento.

#### **9.3.2.1 Azúcares Totales (AT)**

Los resultados obtenidos del análisis de hidratos de carbono totales en las distintas concentraciones de inóculo se muestran en la tabla 19. En general hay poco porcentaje presente de hidratos de carbono, que finalmente son los que la levadura no alcanzó a fermentar, observando el registro de datos vemos que entre mayor sea la concentración de inóculo de *Saccharomyces carlsbergensis*, será menor el porcentaje de hidratos de carbono, debido a que ya fueron utilizados en su mayoría para la producción de etanol y CO<sub>2</sub>. Recordemos que para realizar el proceso de fermentación la levadura prefiere hidratos de carbono de bajo peso molecular (Santillán et García Garibay, 1998).

#### **9.3.2.2 Azúcares Fermentables (AF)**

Con respecto a los hidratos de carbono fermentables tenemos que la levadura utiliza mono-, di-, y oligosacáridos como fuente principal para la producción de etanol (Santillán et García Garibay, 1998). Por consiguiente tenemos los resultados que se muestran en la tabla 19, donde observamos que al inocular

concentraciones bajas de levadura se obtendrá mayor porcentaje de hidratos de carbono fermentables, tal es el resultado de la concentración A, donde se obtuvo una media de 37.58 % con respecto al total de Hidratos de carbono presentes en el sedimento.

En cuanto a la concentración C, se observa que el porcentaje de hidratos de carbono fermentables es menor, teniendo una media de 32.04 %, por lo que sí varía con respecto a la concentración mas baja de inóculo y a la concentración media que fue B, donde se observa una media de 33.75 %.

Estos resultados son directamente proporcionales al contenido de nutrientes presentes en el mosto a fermentar, en todos los mostos se estandarizó el contenido de hidratos de carbono. Por lo cual después de la fermentación se encontró que a mayor tasa de inoculación menor contenido de hidratos de carbono. Esto se explica claramente debido a que el principal nutriente de la levadura durante la fermentación son los hidratos de carbono. Por consecuencia a mayor cantidad de levaduras mayor demanda de estos y por consecuencia en el sedimento se manifiesta por un decremento.

De modo global este sedimento es demasiado bajo en hidratos de carbono ya que lo más que podemos encontrar es 9 g/L. Si comparamos esta concentración con las principales fuentes nutricionales reportadas en la tabla 8 por Gordon *et al.*, (2004) que van en un rango de 228 g/L (papa al horno) a 160 g/L (elote dulce), se observa que los hidratos de carbono son escasos en el sedimento. Se sabe que la población mexicana tiene una alimentación rica en hidratos de carbono sobrepasando la RDR, por lo que el uso de este sedimento no contribuiría en el aumento de hidratos de carbono.

### **9.3.3 Minerales y elementos traza**

Los resultados que se obtuvieron del análisis de minerales se presentan en las tablas 20 y 21. En general entre el 12 y el 30 % aproximadamente del contenido de minerales que se encuentran en el grano de esta variedad de cebada Esmeralda (López, 2005), pasan al sedimento (tabla 20).

**Tabla 20.** Resultados de análisis de minerales en sedimento (D.E.)

Mineral	potasio	calcio	magnesio	hierro	Sodio
mg/g	13.138 (5.893)	0.525 (0.098)	4.296 (1.526)	0.203 (0.046)	3.491 (0.473)

**Tabla 21.-**Resultados de análisis de elementos traza (D.E.)

Mineral	Cadmio	Cromo	Plomo	Zinc
mg/g	<0.002 (0.0007)	<0.005 (0.0016)	<0.028 (0.0051)	<0.001 (0.0132)

\* Los resultados que se presentan fueron menores que el límite de detección.

La tabla 20 reporta que el mineral con mayor concentración en el sedimento de cerveza fue el potasio (13.138 mg/g), el cual es un elemento esencial en el metabolismo celular de la levadura (Power *et Lynkrugeresto*, 1997), particularmente este mineral estimula las reacciones enzimáticas con relación al ATP y para el transporte activo entre las paredes celulares, lo cual está directamente relacionado con la concentración de potasio presente en el sedimento, razón por la cual este mineral tuvo mayor presencia.

Por otra parte López (2005) en su estudio de algunas variedades de cebada del estado de Hidalgo, reporta que la variedad Esmeralda en general es rica en potasio (10.65 mg/g), por lo que es de considerar que parte de este mineral aparezca en el sedimento después del proceso de elaboración de cerveza.

En la tabla 11 Gordon *et al.*, (2004) realizó un reporte de alimentos ricos en potasio, en los que se encuentra el frijol encabezando la lista, con un aporte de 715 mg/250 g de este mineral. Comparándolo con el sedimento de cerveza, este nos aporta 3282 mg/250 g. Esto lo hace ideal para poder realizar funciones tan importantes como el equilibrio hidroelectrico y ácido-base, interactúa en la presión osmótica, participa de forma directa en la contracción del músculo esquelético y cardiaco, así como también en la irritabilidad nerviosa (Casanueva *et al.*, 2001). Aunque sería suficiente con 150 g de sedimento para cubrir la RDR de potasio en adultos según lo establecido por Gordon *et al.*, (2004). Si posteriormente este sedimento se enfoca a deportistas de alto rendimiento, sería ideal por su

contenido de potasio ya que se le relaciona con la masa muscular y el almacenamiento de glicógeno; por lo tanto si el músculo está en desarrollo, un adecuado abastecimiento de potasio sería esencial.

Con respecto al contenido de sodio se reporta 3.491 mg/g en el sedimento de cerveza (tabla 20), López (2005) reporta que para esta misma variedad de cebada encontró una concentración de sodio de 1.18 mg/g. García *et Quintero* (2000) reporta que antes del proceso de fermentación el mosto lupulado contiene minerales como el sodio, aunque no precisa en que concentración.

La presencia de sodio en el sedimento es importante pues tiene interacción en el metabolismo celular de la levadura (Power *et Lynkrugeresto*, 1997), con lo que también se explica su concentración en el sedimento de cerveza.

Esta concentración de sodio en el sedimento es baja si la comparamos con las fuentes de alimentos ricas en sodio que se reporta en la tabla 10 por Gordon *et al.*, (2004). Aunque su concentración no es despreciable, por lo que puede ayudar en las funciones vitales del cuerpo humano. Tiene que ver directamente en la contracción muscular y la irritabilidad nerviosa, en el equilibrio electrolítico ácido-base y la presión osmótica (Casanueva *et al.*, 2001). Es el catión más importante del líquido extracelular y una pequeña cantidad está dentro de la célula (Krause *et al.*, 2000). Recordemos que las levaduras presentes en el sedimento son células, por lo que con esto también se explica la presencia del sodio en el sedimento.

El magnesio ocupó el segundo lugar respecto a la concentración de minerales encontrados en el sedimento (4.296 mg/g). López (2005) reportó en su estudio 0.0538 mg/g para la variedad Esmeralda, cabe mencionar que se pueden presentar diferencias en cuanto a concentración de minerales en el grano. Debido a que no es la misma cosecha y hay factores como el año de siembra, el tipo de agua que se utilizó para el riego, los fertilizantes, entre otros. Además los minerales se encuentran más concentrados en el sedimento de cerveza que en el grano de cebada. Por lo que estos resultados reportaron mayores contenidos de magnesio que los publicados por López (2005); al parecer en este caso, puede

considerarse que una gran parte del magnesio pasa al sedimento, tal vez en forma precipitada. Este mineral es muy importante en el metabolismo celular de la levadura para reacciones que involucran fosfatos, especialmente durante la fermentación (Power *et Lynkrugeresto*, 1997).

En cuanto a la concentración de magnesio en el sedimento vemos que se reportan niveles altos (tabla 12) si los comparamos con las fuentes reportadas por Gordon *et al.*, (2004). Se describe al tofu firme (½ taza) con el mayor aporte de magnesio (118mg), por lo que el sedimento aportaría 537.5 mg/ ½ taza, aunque la ingesta diaria promedio varía desde 250 a 187mg según el grupo de edad (Krause *et al.*, 2000).

En la tabla 20 se muestra el contenido de calcio que fue de 0.525 mg/g en el sedimento de cerveza, comparado con los estudios previos realizados por López (2005) quien reportó 1.83 mg/g para este mineral en cebada. Ocurre para este mineral (calcio) algo similar a lo discutido para el magnesio.

El calcio se considera un elemento esencial para retardar la degeneración de la levadura (Power *et Lynkrugeresto*; 1997) con esto la importancia de los niveles de calcio presentes en el sedimento.

Por otra parte el calcio es elemental, ya que es el mineral más abundante para el cuerpo humano (Krause *et al.*, 2000). Por lo que su presencia en el sedimento no es despreciable para completar la RDR. En comparación con las fuentes ricas en calcio reportadas por varios autores (tabla 9), el sedimento de cerveza queda por debajo, por lo que no se podría considerar como una fuente rica en calcio.

Los niveles mas bajo de minerales en el sedimento lo presentó el hierro, con una concentración de 0.203 mg/g (tabla 20), lo cual no quiere decir que sea insignificante en cuanto a concentración, si tomamos como referencia que el contenido total del cuerpo humano es alrededor de 5 g y que este elemento es un oligomineral (Gordon *et al.*, 2004). Para la cebada en particular López (2005)

reporta en su estudio una concentración de 0.13 mg/g para la variedad Esmeralda.

Dentro del metabolismo celular de la levadura el hierro es importante para las enzimas involucradas en la respiración (Power *et Lynkrugeresto*, 1997).

Gordon *et al.*, (2004) en la tabla 13 reportó como fuentes ricas en hierro al cereal de salvado de avena (1 taza), a las almendras horneadas (90 g) con concentraciones de 15 y 14 mg respectivamente para este mineral. Para el caso del requerimiento de hierro en el ser humano, el sedimento de cerveza podría considerarse como fuente importante, ya que 50 g de sedimento aportarían 11 mg de hierro a la dieta. El Consejo de alimentos y nutrición (Food and Nutrition Board) recomienda una ingesta diaria de 10 a 15 mg/día, según el grupo de edad y el estado fisiológico (Krause *et al.*, 2000), por lo que el sedimento sería ideal como complemento.

En esta investigación se determinaron los elementos traza de cadmio, cromo plomo y zinc con la finalidad de conocer si existía contaminación en el sedimento por estos elementos. Los reportes que se muestran en la tabla 21 indican que los niveles de estos elementos están por debajo del límite de detección. Esto corresponde con lo ya conocido y considerado como antecedentes para este trabajo, los estudios realizados por López (2005) a las variedades de cebada, donde específicamente reporta que los niveles están por debajo del límite de detección para la variedad que se utilizó en este estudio, por lo que no existiría daño a la salud si se consume este sedimento.

#### **9.3.4 Vitaminas hidrosolubles**

En la tabla 22 se reportan los resultados obtenidos de la presencia de vitaminas hidrosolubles en las dos muestras que se manipularon.

En general se observa que de las 2 muestras (A y C) que se analizaron, quien reportó mayor cantidad de vitaminas fue la muestra A, comparada con la muestra

C. La piridoxina presentó una diferencia marcada entre una y otra concentración con respecto a las otras vitaminas.

Es importante señalar que la levadura usualmente requiere de vitaminas entre las cuales están **la tiamina**, la biotina, el ácido nicotínico, **la riboflavina** y el **ácido fólico**. Todos estos nutrientes son requeridos para construir la estructura celular de la levadura (Heyse, 1983), también es por eso la presencia de estas vitaminas en el sedimento de cerveza.

**Tabla 22.** Resultados del análisis de vitaminas hidrosolubles a diferentes concentraciones de inóculo.

Vitamina (mg/g)	1.5g/L (A)	3g/L (C)
<b>Tiamina</b>	0.799 <sup>b</sup>	0.458 <sup>a</sup>
<b>Piridoxina</b>	2.454 <sup>b</sup>	0.917 <sup>a</sup>
<b>Riboflavina</b>	0.009 <sup>a</sup>	0.005 <sup>a</sup>
<b>Folato</b>	0.334 <sup>b</sup>	0.206 <sup>a</sup>

- Letras distintas dentro de las columnas indican diferencias significativas estadísticas.

De manera específica iniciando con la tiamina, se reporta 0.799 mg/g de la muestra A y 0.458 mg/g para la muestra C, observando que estos niveles reportados son altos en el sedimento de cerveza si los comparamos con las principales fuentes (tabla 14): levadura de cerveza (2 cucharadas proporcionan 2.4 mg), chuletas de puerco (120 g aportan 0.6 mg), germen de trigo (¼ de taza aporta 0.5 mg) reportadas por Food and Nutrition Board Institute of Medicine (1998), *Gordon et al.*, (2004) entre otros.

Por lo que 3 g de sedimento son suficientes para cubrir la ración dietética recomendada (RDR) de tiamina, en personas con desnutrición o con necesidades de ingesta superiores a las habituales. Si este sedimento se dirige a deportistas de alto rendimiento, también ayudaría cuando la persona pase por estados de estrés, además que las personas físicamente activas requieren mayor aporte de

tiamina dentro de su dieta. Shils *et al.*, (2002) reportan que la RDR en mujeres y varones adultos es de 1.2 mg/día y 1.1 mg/día, respectivamente.

Por otro parte, cabe mencionar que la vitamina que mayor presencia tuvo en el sedimento de cerveza fue la piridoxina. Se registraron niveles muy marcados; 2.454 mg/g en la muestra A y 0.917 mg/g para la muestra C, esto en comparación con las otras vitaminas estudiadas. El Food and Nutrition Board Institute of Medicine (1998) *Gordon et al.*, (2004) entre otros consideran que el salmón horneado (90 g aportan 0.8 mg), papa al horno (1 pieza proporciona 0.7 mg), levadura de cerveza (2 cucharadas aportan 0.5 mg) son algunos ejemplos de alimentos ricos en vitamina B<sub>6</sub>. Con respecto a los ejemplos anteriores, si comparamos el aporte de esta vitamina en la muestra A, se observa que también se sitúa en primer lugar. Por lo que este sedimento es rico en piridoxina y 1 mg/g de sedimento cubriría la RDR de un adulto con o sin actividad severa.

Respecto a la riboflavina se reportan niveles bajos, tanto en la muestra A como en la C, teniendo como resultados 0.009 mg/g y 0.005 mg/g para las respectivas muestras. La tabla 15, que reporta Food and Nutrition Board, Institute of Medicine (1998), *Gordon et al.*, (2004) entre otros, mencionan alimentos que proporcionan entre 1.3-0.3 mg siendo estas las principales fuentes: cheerios multigrano (¾ de taza), hígado de res frito (30 g), ostiones (10 piezas), levadura de cerveza (2 cucharadas), etc. Con esto comparamos que las concentraciones de riboflavina presentes el sedimento de cerveza son muy bajas. Es muy probable que estos resultados se deban a que esta vitamina es demasiado sensible a los rayos ultravioleta.

Pero no por esto menospreciar su aporte dentro del requerimiento diario, ya que la RDR de la riboflavina es de 1.1-1.3 mg/día en adultos (Shils *et al.*, 2002). Pero aún cuando estas dos concentraciones de sedimento reporten bajos niveles de vitamina su ingesta bien podría complementar dicho requerimiento si se combina con otras fuentes ricas en riboflavina.

En la tabla 22 también se muestran los niveles de Folato (0.334 mg/g para la muestra A y 0.206 mg/g para la muestra C). Vemos que al igual que con las vitaminas que se evaluaron anteriormente la muestra A reporta mayor rendimiento de folato. Mueller (1993) publicó datos sobre el contenido en folatos de las cervezas dando unos valores de 2-4.4 mg/100 mL, con un valor promedio de 3 mg/100 mL, si lo comparamos con el sedimento observamos que las vitaminas en cerveza están muy por debajo en cuanto a su concentración comparadas con las del sedimento.

Las tablas de alimentos que reporta Food and Nutrition Board, Institute of Medicine (1998), *Gordon et al.*, (2004) entre otros, mencionan como principales fuentes alimentos con concentraciones de folato que van de 263-75 µg cuando el sedimento aporta entre 334-206 µg/g de sedimento de cerveza, por lo que 1 g de sedimento cubre el RDR de una mujer embarazada (*Shils et al.*, 2002).

Es importante señalar que no se ha encontrado en la bibliografía consultada, ninguna referencia sobre contenidos de vitaminas en sedimentos derivados de la cebada calidad maltera. Por esta razón las valoraciones que se realizan o las comparaciones que se hacen de los resultados aquí obtenidos, se refieren a los indicadores que se conocen de diferentes fuentes de alimentos reportados por Instituciones y autores reconocidos.

## X.- CONCLUSIONES Y PERSPECTIVAS

---

### 10.1 Conclusiones

- El sedimento seco presento un alto porcentaje de proteínas a sus diferentes concentraciones de inóculo. Esto nos indica que es de excelente calidad para ser usado como complemento.
- El sedimento seco que presento mayor porcentaje de proteína fue el sedimento con concentración de inóculo de 1.5 g/L.
- En cuanto al porcentaje de hidratos de carbono en el sedimento son escasos.
- De las vitaminas hidrosolubles evaluadas la tiamina y la piridoxina fueron las más representativas en el sedimento.
- En cuanto a la presencia de oligoelementos se encontraron a: magnesio, potasio. Estos son de gran importancia en la síntesis de ácidos grasos y proteínas, en la transmisión y actividad neuromuscular. Una adecuada ingesta de magnesio ayuda a la fijación de calcio, por lo que este mineral también es ideal si se utiliza como complemento en el deportista.
- En este trabajo de investigación se concluyó que este sedimento es excelente en cuanto a nutrimentos, Considerando que este sedimento es viable para elaborar una bebida para deportistas principalmente, ya que cubriría gran parte de nutrimentos que se pierden, por el desgaste físico y/o mental.
- De las diferentes muestras que se estudiaron en este proyecto el sedimento de concentración 1.5 g/L (muestra A) reportó mayor aporte de todos los nutrimentos evaluados, cumpliendo así con todos los objetivos de este trabajo de investigación.

## 10.2 Perspectivas

Para investigaciones posteriores es importante tomar en cuenta la concentración de inóculo que se añade al fermentador, porque el porcentaje de nutrientes en el sedimento varía dependiendo la concentración de inóculo. Es recomendable también que se analice el sedimento de otras variedades de cebada maltera y con otros métodos de elaboración de cerveza, para comparar el contenido nutrimental de los sedimentos y si este se relaciona con los métodos de rendimiento en producción de cerveza.

El sedimento que se utilizó en este trabajo de investigación fue el residuo de cerveza tipo *lager* con la adición de la levadura *Saccharomyces carlsbergensis* o levadura *lager*, sería muy interesante evaluar sedimentos con levadura *Saccharomyces cerevisiae* ya que esta última flocula y no sedimenta y así comparar que sedimento es más rico en nutrientes.

En futuras investigaciones es recomendable también que se evalué el contenido de vitaminas a distintas concentraciones de inóculo con los diferentes métodos para la elaboración y rendimiento de cerveza, para comparar si el método está directamente relacionado con el contenido total de vitaminas.

Es recomendable tener cuidado en la manejo de la muestra por las vitaminas presentes ya que son muy susceptibles a los rayos UV por lo que se sugiere optimizar técnicas de manipulación del sedimento si lo que se desea es conservar el mayor porcentaje de vitaminas presente.

Este trabajo de investigación tuvo por objetivo realizar una evaluación nutrimental de los nutrimentos presentes en el sedimento de cerveza y en base a los resultados obtenidos se concluyó que es de excelente calidad nutrimental por lo que en futuros proyectos este sedimento tiene bases sólidas en su estudio para que se pueda utilizar como un complemento en bebidas energéticas o algún alimento innovador dirigido a cierto grupo de consumidores.

## XI.- BIBLIOGRAFIA

---

- AACC. (2001). Approved Methods of American Association of Cereal Chemists. 10 edition. Vol. II. Method 42-10.
- Albalá-Hurtado, S., Veciana-Nogués, M., Izquierdo-Pulido, M., Mariné-Font, A., (1997). Determination of water-soluble vitamins in infant milk by high performance liquid chromatography, *J. chromatography A.*, 778: 247-253
- Analítica EBC. (2003). European Brewery Conversion.. Published by Fachverlag Hans Carl Nürnberg. Germany.
- AOAC (1990) Official Methods of Analysis of the Association of Official analytical Chemists 15<sup>th</sup> ed. Vol. II. Edited by Kenneth Helrich. Pp 777-781, 1095-1096.
- Bacteriological Analytical Manual (BAM). (2001). Cap 18. Yeast, Molds and Mycotoxins. EUA.
- Barretro, P. M. (1999). Claridades Agropecuarias No 70; Junio. ACERCA. México; D.F. pp. 33-34.
- Berg JM., Anverso JJB., Dawson-Hughes B. 2002. Biochemistry. 5<sup>a</sup> ed. New York: W. H. Freeman and Company.
- Berger, C., Duboe-Laurence, P., 1988. El libro del amante de la cerveza. Editorial Robert Laffont. Barcelona, España. pp 83-84
- Bulinski, R., Bloniarz, J., Koktyisz, N., Kot, A., Marzec, Z., Szydłowska, E. (1986). Nutritive and energy values of Polish beer. 73-76
- Bulinski, R., Kot, A. (1988). Evaluation of Polish beers; nutritional and caloric values. 32, 3-5.
- Butterworth, C.E., Bendich, A. (1996). Folic acid and the prevention of birth defects. Annual Review of Nutrition, 16, 73-97.
- Callejo, G. M. J. (2002). Industrias de cereales y derivados. Ediciones Mundi – Prensa. Madrid. pp22-23.
- Casanueva, E., Kaufer, M., Pérez, A., (2001). Nutriología Médica. 2<sup>a</sup> ed, editorial médica panamericana. Buenos Aires, Bogota, Caracas, Madrid, México. pp 449, 454, 462-463.

Cerveceros de España. (2001). Libro blanco de la cerveza. Madrid, España. pp16-18.

CICS Centro de Información Cerveza y Salud (2005) Cerveza y Salud. No. 161. pp 41-44.

Dendy, D. A. V., Dobraszczyk, B. J. (2004). Cereales y productos derivados, Química y tecnología. Editorial acribia. Zaragoza, España. pp 403, 406-407.

Dreher, M.L. (1987). Handbook of dietary fiber. An applied approach. ISBN 0-8247-7655-0. pag. 468

Dubois, M., Gilles, J., Hamilton, P., Rebers F., (1956). Colorimetric method for determination of sugar relates substances. Anal. Chem. 28:(3) 350-356.

Food and Nutrition Board, Institute of Medicine; 1998. Dietary reference intakes. Washington, DC: National Academy Press.

García, G., Quintero, R. (2000). Biotecnología Alimentaria. Editorial. Limusa S.A de C.V. México D.F. pp 269-287.

Gavaler, J., Love, k., Van Thiel, D. (1991). An international study of the relationship between alcohol consumption and postmenopausal estradiol levels. Alcohol Suppl 1991.

Ginsburg ES, W.B., Shea BF. (1995). Effect of acute ethanol ingestion on prolactin in menopausal women usingestradiol replacement. Gynecol Obstet Invest 1995,

Ginsburg, E.S., Mello, N.K., Mendelson, J.H., Barbieri, R.L., Teoh, S.K., Rothman, M., Gao, X., Sholar, J.W.(1996). Effects of alcohol ingestion on estrogens in postmenopausal women. Jama 1996, Dec 4, 276

Giovannucci E, S.M., Colditz GA. (1993). Folate, methionine, and alcohol intake and risk of colorectal adenoma. J Natl Cancer Inst Jun 2, 1

Gordon M., Wardlaw, Jeffrey S., Hampl, Robert A., Di Silvestro (2004) Perspectivas en Nutrición; 6ª ed; McGraw Hill. pp 9, 276-277, 330, 400- 401, 406-407, 416-420.

Hawkes, J.G., Villota, R. (1989). Folates in foods: reactivity, stability during processing, and nutritional implications.Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 28, 439-538.

- Heyse, Kart-Ullrich. (1983). Handbuch der Brauerei-Praxis. Hans Carl Verlag. Nurnberg, Alemania. pp. 75-77.
- Hornsey, I. S. (2003). Elaboración de cerveza, microbiología, bioquímica y tecnología. ACRIBIA S. A., Zaragoza, España. pp 18- 27
- Hough, J.S., Briggs, D.E., Stevens, R., Young, T.W. (1982). Malting and Brewing Science. Vol I and II. New York: Chapman and Hall.
- Hough, J. S. (1990). Biotecnología de la cerveza y de la malta. Editorial ACRIBIA S. A., Zaragoza, España. pp 17-20, 25-29.
- Jee Yup Han, Schwarz, P.B. (1996). Arabinoxylan composition in barley, malt, and beer. J of the American Society of Brewing Chemists, 54, 216-220.
- Korzonas, Al. (1997). Homebrewing Volumen 1. 2ª ed. Editorial Sheaf and Vine. Palos Hills, Illinois, U.S.A. pp. 210-223
- Krause, M., Mahan, K., Escott-Stump, S. (2000). Nutrición y dietoterapia. 9ª ed. McGraw-Hill Interamericana., México D.F. pp 32, 64-66, 70, 124, 132-134, 137, 142, 174-175.
- Krause, Udo. (1996). Bier Brauen. 2ª ed. Südwest verlag. Manchen, Alemania. pag 76.
- Lewis, M.J., Young, T.W. (1995). Brewing. Chapman and Hall, London. Pp 117
- López, P. (2005). Evaluación de la calidad de diferentes variedades de cebada (*Hordeum sativum jess*) cultivadas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala. Tesis de Licenciatura de Química en Alimentos. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. ICBI.
- López, P., Prieto, F., Gaytán M., Román, A. D. (2007). Caracterización fisicoquímica de diferentes variedades de cebada cultivadas en la región centro de México. Rev Chil Nutr Vol. 34, N°1, Marzo 2007, p.71-77.
- Madigan, M.P., Troisi, R., Brinton, L.A., Hoover, R.N. (1998). Serum hormone levels in relation to reproductive and lifestyle factors in postmenopausal women. Cancer Causes Control 1998 Mar, 9(2): 199-207.
- Maier, G. (1990) Métodos modernos de análisis de alimentos, vol I. 3ª ed. pp 78-81, 84, 87-89.
- Maunder, L. (1985). In praise of judicious consumption of beer. Technical Quarterly, 22, 5-7.

McDowell, I.F.W., Ashfield Watt, P., (1997). Approaches to defining the optimal dietary folate intake for cardiovascular health. *Nutrition and Food Science, Nutrition-and-Food-Science*; 215.

Mesones de B. (2000). Manual práctico del cervecero. Derechos de autor reservado.

Miller, G. L. (1959). Use of Dinitrosalicylic Acid Reagent for Determination of Reducing Sugar. *Anal. Chem.* 31:426-428.

Moctezuma, A. N. (2008). Efecto del método de elaboración de mosto y la concentración del inóculo en la calidad de una cerveza. Tesis de Licenciatura de Química en Alimentos. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. 24.

Mueller, H. (1993). Determination of the folic acid content of grain, cereal products, bakery products and legumes by means of high-performance liquid chromatography (HPLC). 197, 573-577.

Muti, P., Trevisan, M., Micheli, A., Krogh, V., Bolelli, G., Sciajno, R., Schunemann, H.J., Berrino, F. (1998). Alcohol consumption and total estradiol in premenopausal women. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev* 1998 Mar.

Narziss, L., Kieninger, H., Reicheneder, E. (1972). Use of whole hops and hop extracts of different varieties and source., 112, 547-552.

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.

Paasilta, M., Kervinen, K., Rantala, A.O., Savolainen, M.J., Lilja, M., Reunanen, A., Kesaniemi, Y.A. (1998). Social alcohol consumption and low Lp(a) lipoprotein concentrations in middle-aged Finnish men: population based study. *British Medical Journal*, 316, 594-595.

Piendl, A. (1990). The role of beer in present-day nutrition. *Brauwelt International*, III, 174-176.

Piendl, A., Schuster, C., Jawansky, A., Roesch, J., Ulrich, P., Stueckle, H., Dielentheis, L., Habermeier, J. (1996). Osmotic pressure of sports drinks and non-alcoholic beers. *Brauwelt International*, 14, 242-247.

Power Joe Lynkruger A. (1997). Fundamentals of brewing microbiology. Siebel Institute of Technology. Seattle, E.U.A. pp 4-7

Ramirez, V. (2006). Valoración del potencial cervecero de maltas elaboradas con cebadas producidas en los estados de Hidalgo y Tlaxcala. Tesis de Licenciatura de Química en Alimentos. Universidad Autónoma del estado de Hidalgo. ICBI

Sánchez C. A. Huerta H.M. (2003). Análisis de un cluster cervecero en México. El Cotidiano, septiembre-octubre, año/vol. 19, número 121 Universidad Autónoma Metropolitana – Azcapotzalco Distrito Federal, México pp. 107-117

Santillan, M., García Garibay, M., (1998). Biosíntesis de congenéricos durante las fermentaciones alcohólicas. Revista Latinoamericana de Microbiología. 40 (1-2): 109-111, 115-119.

Sendra, J.M., Carbonell, J.V., Gosalbes, M.J., Todo, V. (1989). Determination of beta-glucan in wort and beer by its binding with Calcofluor, using fluorimetric flow-injection-analysis (FIA) method. Journal of the Institute of Brewing, 95, 327-332.

Serna, S. S. R. (2001). Química e industrialización de los cereales. AGT Editor. México, D.F. pp 18-19.

Shils, M., Olson, J., Shike, M., Ross, C. Nutrición en salud y enfermedad. (2002). Volumen I, 9ª ed. McGraw Hill, México D.F. pp 165, 195, 443-449.

Stewart, Graham. (2001). Yeast Management the balance between fermentation efficiency and beer quality. Technical Quartely. 38(1). pp 12-14

Torgerson DJ, T.R., Campbell MK. (1997). Alcohol consumption and age of maternal menopause are associated with menopause onset. Maturitas 1997 Jan, 1997 Jan;26

Varnam, A. H., Sutherland, J. P. (1997) Bebidas, Tecnología, Química y Microbiología. Serie 2. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España pp 53-55.

Vogel, W. (1999). Elaboración cacera de cerveza, Editorial Acribia S.A., Zaragoza, España. pp 15-17, 21-25.

White, I.R., (1996). The cardioprotective effects of moderate alcohol consumption. British Medical Journal, 312, 1179-1180.

Artículos de referencia en línea

<http://www.cerveceroslatinoamericanos.com/Semana%20Cervecera/Dic1-5/CuerpoNC.htm>. Acceso 14/12/2006.

<http://www.cervezadeargentina.com.ar/.../maltas.htm>. Acceso 02/05/2007

<http://www.cervezasdelmundo.com/cervezaselab.htm>. Acceso 09/11/2006.

<http://www.cerveceríainternacional.com/tipos.htm>. Acceso 23/07/2007.

[http://www.engromix.com/images/s\\_articles/celulas\\_ciclobiologico.gif](http://www.engromix.com/images/s_articles/celulas_ciclobiologico.gif); Acceso 25/08/07

<http://fai.unne.edu.ar/biologia/metabolismo/met4.htm>, Acceso 22/11/2005.

<http://www.grupomodelo.mx/> Acceso 19/06/2007.

<http://www.porquebiotecnologia.com.ar/.../cuadro3.jpg> Acceso 03/05/2007.

[http://www.pronat.com.mx/Temas/propiedades\\_levadura\\_cerveza\\_92.htm](http://www.pronat.com.mx/Temas/propiedades_levadura_cerveza_92.htm), Acceso 17/05/2007.

<http://www.siap.gob.mx/modelos/2006/cebada.pdf>; Acceso 29/11/2007.

<http://www.siapsagarpa.gob.mx> Acceso 07/11/2007