

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



ESTUDIO TECNICO ECONOMICO PARA AUMENTO  
DE PRODUCCION EN MALTAS DE CEBADA  
MEDIANTE TECNOLOGIAS DE REMOJO

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A  
ANTONIO LOMAS LOPEZ



1981



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

# I N D I C E

	Pág.
1.0. INTRODUCCION	7
2.0. GENERALIDADES	9
2.1. Clasificación y descripción del grano de cebada	9
2.2. Desarrollo enzimático durante el maltaje de cebada	14
a) Cebada	14
b) Remojo	14
c) Germinación	15
- Endospermo y carbohidratos en general	18
- Hemicelulosas y gomas	18
d) Secado	23
2.3. Propiedades del grano a la influencia de absorción de agua.	29
a) Contenido inicial de humedad	29
b) Tamaño del grano	29
c) Contenido de nitrógeno	29
d) El dormancy y la sensibilidad al agua	30
e) Absorción de agua y calidad de malta	32
f) Metabolismo de los carbohidratos	33
2.4. Cambios metabólicos durante el remojo	34
a) Respiración	34
b) Metabolismo del nitrógeno	36
c) Metabolismo de otros componentes	36
d) Inhibidoras de la germinación	38
2.5. Efecto de los aditivos en el licor de remojo	39
a) Reguladores de planta	39
b) Sales, agentes oxidantes y antisépticos	40

	Pág.
3.0. TECNOLOGIAS DE REMOJO	44
3.1. Remojo anaeróbico	44
a) Aspectos fisiológicos de la absorción de agua	45
- Fase 1	45
- Fase 2	47
- Fase 3	47
3.2. Remojo aeróbico	48
a) Datos de malteado y de la cerveza terminada	52
4.0. TECNOLOGIA DE PROCESO	56
4.1. Descripción del proceso	56
4.2. Descripción del equipo	60
a) Unitank	61
b) Tanques remojadores	61
c) Extractores de CO <sub>2</sub>	62
d) Sistema de refrigeración	62
5.0. BALANCES	68
5.1. Materia	68
5.2. Energía	72
6.0. ESTUDIOS REALIZADOS	76
6.1. Tabla No. V	
- Absorción de agua para granos de diferentes - tamaño después de 88 horas de remojo	76
6.2. Tabla No. VII	
- Reducción del agua usada en el remojo del <u>grano</u>	77
6.3. Tabla No. VIII	
- Datos comparativos para cebada tipo Larker A y B	78
6.4. Tabla No. IX	
- Datos comparativos para el malteado de cebada Conquest	79

	Pág.
6.5. Tabla No. X	80
- Pérdidas en el malteo	
6.6. Figura No. 11	
- Efecto de la humectación por la inmersión y la humectación aeróbica en el E.M.F.	81
6.7. Figura No. 13	
- Efecto de la inmersión y de la humectación aeróbica en la diferencia de molienda fina y gruesa	82
6.8. Tabla No. XI	
- Datos comparativos sobre la cerveza produci da con malteo de tipo aeróbico y de inner-- sión	83
6.9. Tabla No. XII	
- Datos de la cerveza producida con los dos - sistemas de malteado	84
7.0. ESTUDIO ECONOMICO	85
7.1. Estimación de costo del capital invertido	85
I) Costos directos	85
II) Costos indirectos	88
III) Capital invertido fijo	88
IV) Capital circulante	88
V) Capital total invertido	88
7.2. Estimación de costo total de producto	89
I) Costos de manufactura	89
II) Costo gastos generales	91
III) Costo total de producción	91
7.3. Costo de transferencia	91
7.4. Ventas y utilidades	92
7.5. Tiempo de recuperación de inversión	92

	<b>Pág.</b>
<b>8.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	<b>94</b>
<b>9.0. GLOSARIO DE TERMINOS</b>	<b>98</b>
<b>10.0. BIBLIOGRAFIA</b>	<b>102</b>

	Pág.
8.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
9.0. GLOSARIO DE TERMINOS	98
10.0. BIBLIOGRAFIA	102

## 1.0. INTRODUCCION

Las necesidades de aumento de producción de todas las áreas del sector industrial en la fabricación de bienes de consumo, es un aspecto básico.

Los Ingenieros Químicos recién egresados de las universidades de México, al incorporarnos al sector productivo debemos recordar constantemente y hacer conciencia del reto que representa la aplicación de nuestros antecedentes académicos y de los nuevos y amplios conocimientos que tenemos que conjugar para aumentar la eficiencia de las operaciones industriales y de las aportaciones hacia la empresa donde nos desarrollamos profesionalmente y en última instancia la participación que tenemos para el progreso de nuestro país.

La cebada es un cereal que debido a sus características estructurales permite llevar a cabo sobre ella el proceso de malteado, que consiste básicamente de tres etapas que son; remojo, germinación y secado. Las maltas de cebada así producidas tienen una gran diversidad de usos dentro de los cuales destacan la elaboración de cerveza, jarabes y alimentos balanceados.

Me ha motivado para realizar el presente estudio la diversificación de los usos de las maltas de cebada, así como los incrementos de las demandas de las bebidas y alimentos que las utilizan como materia prima, además de las nuevas aplicaciones que se están generando en la elaboración de diferentes productos de consumo humano.



Con el presente trabajo se sugieren las aplicaciones de técnicas de remojo aeróbico de cebada para reducir el tiempo de proceso con lo que consecuentemente se obtiene un aumento importante en la producción de maltas de cebada sin detrimento en los parámetros de calidad y reduciéndose por ende los costos de fabricación.

Se consideran de manera genérica los conocimientos científicos que se han logrado en los últimos años en la bioquímica del malteado de las diferentes variedades de cebada, los aspectos fisiológicos y estructurales de los granos, que repercuten en la adecuación de los equipos industriales que se ajusten a las tecnologías del proceso.

De una manera concisa, con el presente estudio se pretende optimizar los beneficios económicos mediante el aumento de producción, recuperando en tiempo razonable las inversiones realizadas para lograr este propósito y elaborando productos de beneficio para nuestra comunidad.

## 2.0. GENERALIDADES

### 2.1. Clasificación y descripción del grano de cebada

La cebada -*Hordeum vulgare* L.- es uno de los más antiguos cultivos de la humanidad. Aunque no se ha definido su centro de origen, unos investigadores indican que puede ser la región occidental de Asia, ocupada por Irán, Siria y Palestina. Otros mencionan que Etiopía, pero como allí no se han encontrado especies silvestres, se supone que ese fue el centro de variación.

En la antigüedad la cebada se usó ampliamente para el consumo humano. El hombre, por lo tanto, escogía las plantas -- con las características que deseaba y esta presión de selección a través de los años definió el aspecto y las propiedades que posee actualmente la cebada.

El cultivo de la cebada fue introducido en México por los primeros pobladores españoles, quienes iniciaron las siembras de temporal en los valles altos de la Nueva España con resultados favorables. La cebada cultivada entonces era destinada a la alimentación de los animales de carga y de tracción utilizados en las minas y en los campos.

Este cereal dió origen a una de las industrias más populares en el mundo, la industria maltera-cervecera.

En 1906 se estableció la primera fábrica de malta en México (Ref. No.10). Después, de 1930 a la fecha se establecieron otras, contando en la actualidad el país con seis malterías.

La industria maltera tiene una demanda de materia prima en constante aumento. En sus inicios esta industria usaba grano de cebada común, que es buena para la alimentación animal. La cebada maltera se cultivaba en pequeñas áreas de riego y los rendimientos apenas llegaban a una tonelada por hectárea. Esto se debía principalmente a la poca adaptación de las variedades sembradas, todas ellas traídas del extranjero, pues se acababan, se desgranaban y eran tardías. Mediante los trabajos realizados por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas de la S&MH, se han formado nuevas variedades de cebada de alta calidad maltera, que han permitido incrementar la superficie cultivada con este cereal y diversificar la agricultura en varias regiones.

Actualmente los agricultores obtienen mejores cosechas de un grano preferido por la industria maltera, reduciéndose considerablemente las importaciones.

En México es posible cultivar cebada maltera en invierno con riego y de temporal durante primavera-verano.

La cebada tiene algunas ventajas sobre otros cereales, como lo es un ciclo vegetativo más corto, más tolerante a la salinidad ligera del suelo y su costo de cultivo es más bajo por requerir poca mano de obra, menos fertilizante y menor cantidad de agua. El cultivo puede mecanizarse totalmente y, por su precocidad, permite un segundo cultivo al año en el mismo terreno.

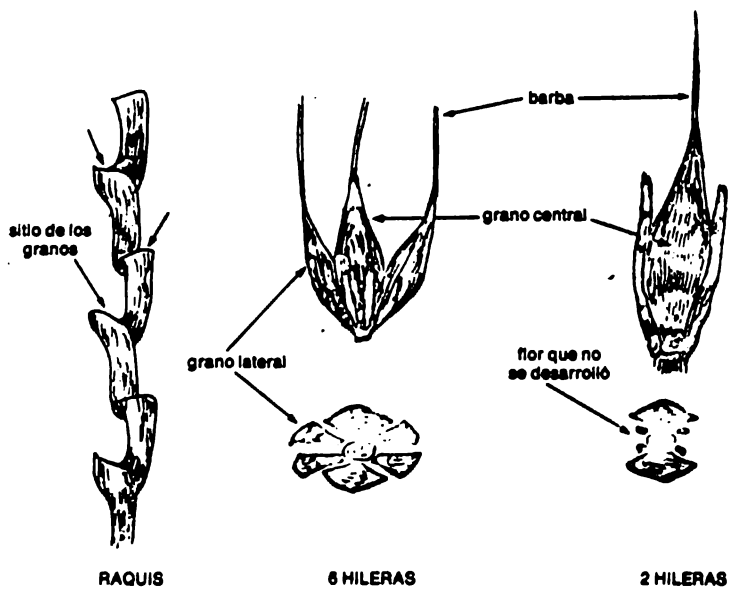
La cebada se caracteriza porque en cada nudo del raquis o eje de la espiga se forman tres florecillas. (def. No.10).

Cuando sólo la florecilla central de cada nudo forma grano, entonces se conoce como cebada de dos hileras, las florecillas se quedan a los lados de la que forma grano nunca se fecundan porque son estériles y hay ocasiones en que ni siquiera se presentan.

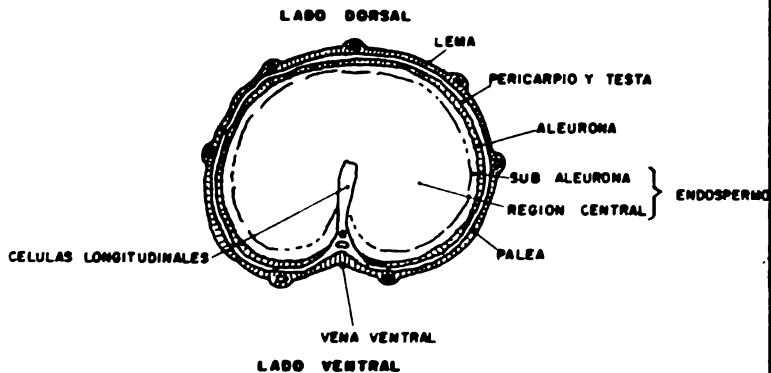
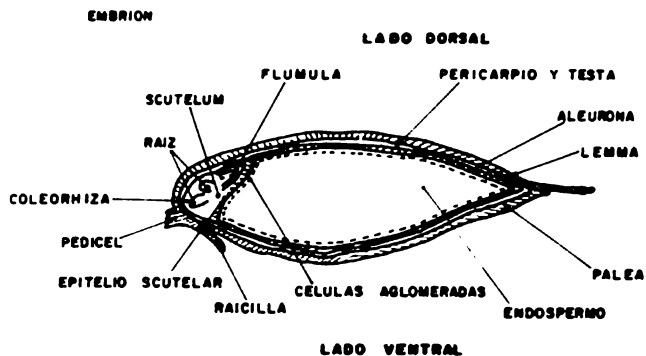
En ambos caso -cebadas de seis y de dos hileras- la gluma que cubre el grano termina en una delgada barba. Esta barba varía en tamaño dependiendo de la variedad. En algunas variedades la barba presenta unos pequeños dientes, lo que le da una apariencia de aserrada. En las otras la barba es lisa.

El grano completo de cebada incluye la palea, que lo cubre; la lema, que lo envuelve y termina en una barba. (Ver fig. 1).

Al estar los órganos reproductores, femenino y masculino, encerrados y protegidos por la lema, palea y gluma se asegura la autopolinización y por lo tanto la formación del grano.



**Fig. 1. Clasificación del grano de cebada**



U.N.A.M. TESIS  
 FACULTAD DE QUIMICA PROFESIONAL

GRANO DE CEBADA

FIG:

2

ANTONIO LOMAS LOPEZ

## 2.2. Desarrollo enzimático durante el maltaje de cebada

a) Cebada: Dentro de la gama de cereales malteables, la mejor adaptada a la producción de malta, debido a su gran poder enzimático (diastasa) su alto contenido de almidón y relativamente bajo contenido de proteína y aceites. (Ver -- Fig. No.2).

Como ser vivo la cebada posee enzimas necesarias para su desarrollo y existencia. Las principales y las cuales tienen un efecto significativo al ser malteado son: B-Amilgasa, B-Glucanasa, fosforilasa y muchas otras más que no se encuentran en cantidades significativas y que al ser malteado el grano contribuyen a su desarrollo.

(Tabla No. I análisis cebada Vs. malta), (Tabla No. II análisis almidón cebada Vs. almidón malta).

b) Remojos: Para obtener un buen desarrollo enzimático y en consecuencia una buena modificación de cebada, es necesario tener los medios adecuados.

Cuando la cebada se encuentra en remojo la presencia de oxígeno es normalmente insuficiente para mantener una -- respiración máxima y por lo tanto tienden a acumularse productos de fermentación anaeróbica tales como: Etanol, Acido Láctico y Esteres, en consecuencia en ausencia de oxígeno suplementario dichas sustancias pueden matar al grano.

En cualquier etapa de germinación la falta de oxígeno impide su desarrollo y en consecuencia la producción de enzimas.

Los factores que limitan la respiración del grano es la cáscara, pericarpio y testa.

Al final del remojo aparecen los primeros signos de presencia de enzimas. El rompimiento de algunas de las paredes celulares adyacentes al epitelio scutelar (citólisis). Durante el avance de este rompimiento hidrolítico son detectadas alteraciones en el protoplasma de las células de la aleurona.

c) Germinación (Modificación física y química): Mediante la enzima citasa la modificación progresa a partir del embrión y nutriéndose del endospermo a través del scutelum en el lado dorsal del grano.

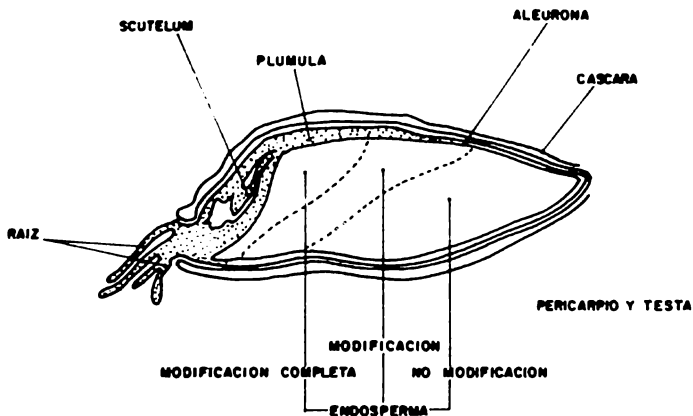
A través de la aleurona, donde son formadas gran parte de las enzimas respondiendo a las hormonas giberilinas segregadas por el embrión, y por su dosificación externa de ácido giberélico. (Ver fig. No. 3).

El 85% de la alfa-amilasa es sintetizada por la aleurona esto es porque el embrión ha segregado la totalidad de su giberilina al endospermo y en consecuencia la aleurona puede continuar haciendo nuevas enzimas donde, o no el embrión esté todavía disponible.

La respiración o desprendimiento de  $\text{CO}_2$  va de acuerdo con la formación de enzimas incrementándose conforme al avance de germinación el poder enzimático. (Ver fig. No. 3).

El proceso de germinación debe continuar hasta obtener suficientes enzimas para completar su modificación y sobrevivir al secado para terminar con una cantidad suficiente capaz de mantener una conversión adecuada en el macerador y proporcionar los nutrientes necesarios para la fermentación del mosto.



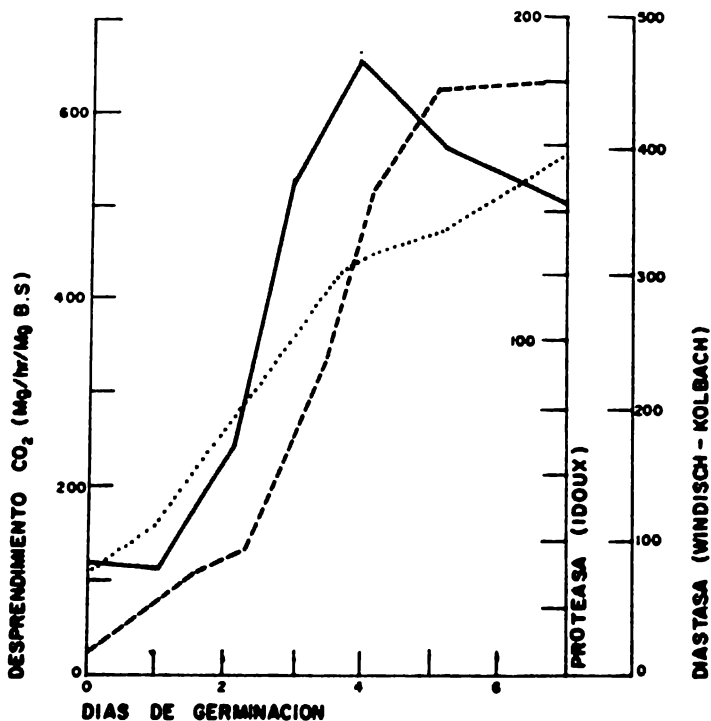


**U.N.A.M.** TESIS PROFESIONAL  
**FACULTAD DE QUIMICA**

**AVANCE DE MODIFICACION DE LA CEBADA**

FIG.  
**3**

**ANTONIO LOMAS LOPEZ**



U.N.A.M. TESIS  
 FACULTAD DE QUIMICA PROFESIONAL

VARIACION DEL DESPRENDIMIENTO DE CO<sub>2</sub> Y  
 FORMACION DE ENZIMAS DURANTE EL MALTEO

FIG.  
 4

ANTONIO LOMAS LOPEZ

Durante su modificación se observa lo siguiente:

- Endospermo, y carbohidratos en general: Durante la germinación el rompimiento macromolecular hidrolítico del endospermo provee los nutrientes necesarios al embrión mientras que la parte restante forma el extracto necesario para la maceración.

Los tejidos de sus paredes celulares están compuestos de hemicelulosas, pentosas y  $\beta$ -glucanos. La proteína es heterogénea y contiene algunas enzimas como  $\beta$ -amilasa.

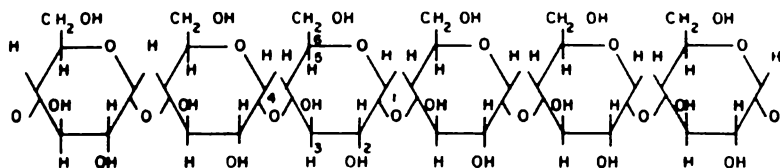
La enzima proteasa presente en la cebada se incrementa durante el malteo. La citasa actúa en las hemicelulosas permitiendo continuar la modificación del almidón.

El almidón es una mezcla de carbohidratos donde predominan los alfa-glucanos 1-4 con alto peso molecular separados en dos fracciones; amilosa y amilopectina.

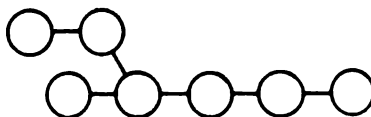
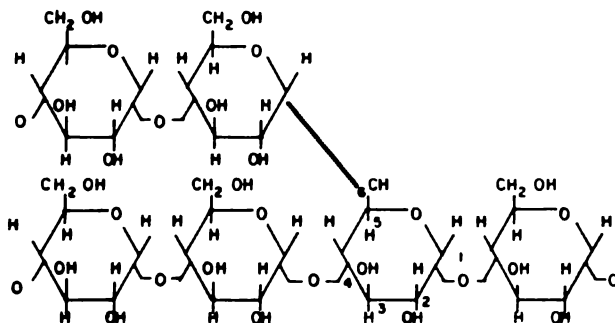
La amilosa consiste en una cadena lineal de residuos alfa 1-4 glucopiranosos, y amilopectina que consiste en una cadena ramificada con enlaces 1-6 (Ver fig. No.5).

Durante el malteo la producción de amilosa aumenta y la amilopectina reduce el tamaño de su cadena. Lo cual se debe a que durante el malteo la amilopectina es preferentemente degradada por la enzima  $\beta$ -amilasa y existe un ataque mucho menor por la amilasa, en ausencia de la amilasa la  $\beta$ -amilasa no actúa. (Ver fig. No.6).

- Hemicelulosas y gomas: Las paredes del endospermo -- contienen principalmente hemicelulosas, encontrándose también en otras partes del grano.



**amilosa**



**amilopectina**

**U.N.A.M.** TESIS  
**FACULTAD DE QUIMICA** PROFESIONAL

REPRESENTACION ESQUEMATICA  
 DE AMILASA Y AMILOPECTINA

FIG  
**5**

ANTONIO LOMAS LOPEZ

Químicamente provienen de dos fuentes: 1) Pentosanos - los cuales producen en hidrólisis pento-azúcares y xilosa, - 2) B-glucanos los cuales son compuestos de residuos de glucosa.

Las gomas (B-glucanos) son formados por cadenas lineales de glucopiranososa con enlaces B-1-3 y B-1-4 y las cadenas D-xilopiranososa constituyen las gomas (pentosanos).

Existen diferentes pentosanos y solo varían en la longitud de sus cadenas.

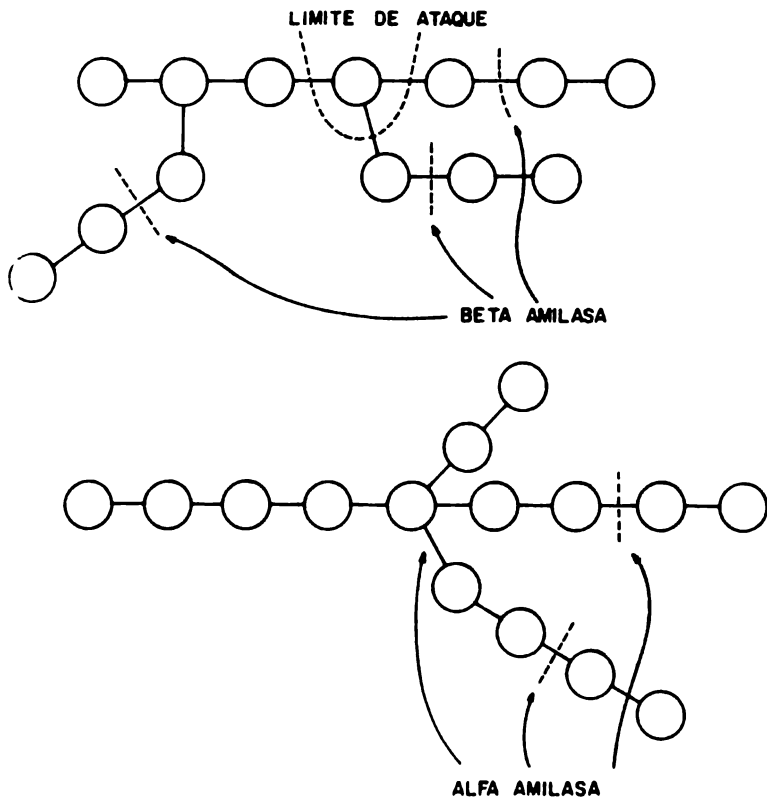
Durante el malteado el contenido global de pentosanos - decae, mientras que el embrión incrementa y la cáscara permanece sin alteración.

La viscosidad decrece durante el malteo reflejando la explicación anterior, en consecuencia decrece la cadena de B-glucanos.

Las alteraciones de las hemicelulosas y gomas son consecuencia de procesos hidrolíticos catalizados por enzimas ( - Ver fig. No. 7)., y forman parte de los nutrientes utilizados por el embrión.

La enzima celulosa degrada las celodextrinas y derivados sintéticos solubles de celulosa, pero no la celulosa misma, dicha enzima es probable que sea la endo-B-glucanasa ( - Ver tabla No. III).

En general podemos observar la formación y actividad de las siguientes enzimas (Ver tabla No. IV).

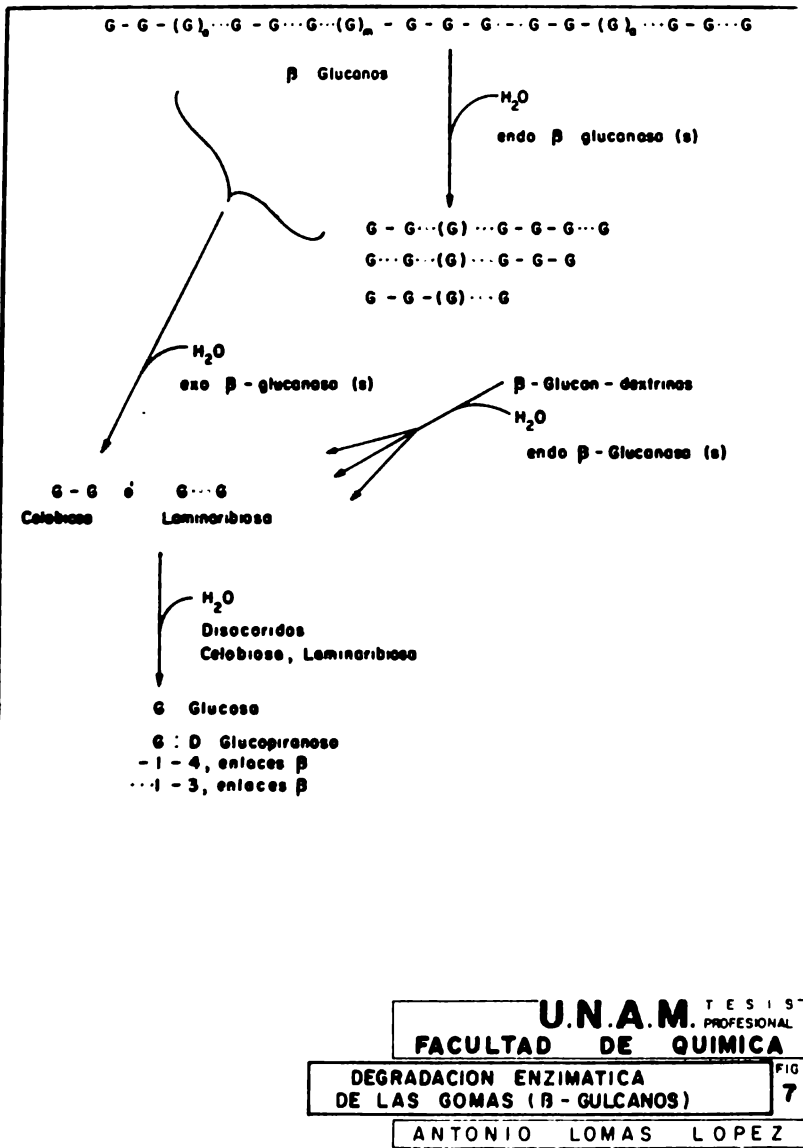


U.N.A.M. TESIS  
FACULTAD DE QUIMICA PROFESIONAL

ATAQUE AL ALMIDON POR LA  
ALFA Y BETA AMLASA

FIG  
6

ANTONIO LOMAS LOPEZ



d) **Secado:** Durante el secado el nivel de enzimas se reduce a cierta cantidad dependiendo del programa de secado.

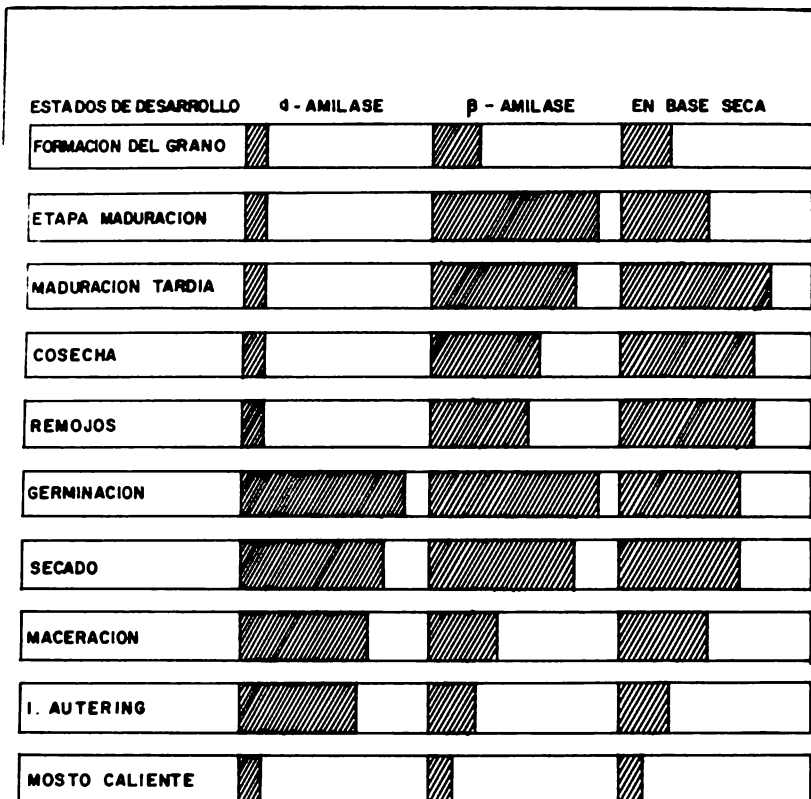
La alfa-amilasa se mantiene mejor que la B-amilasa (poder diastásico). La intensidad del secado debe ser regulada para mantener la suficiente cantidad de enzimas deseada por el maestro cervecero.

En general el poder diastásico y la actividad proteolítica son reducidas y las peptidasas son destruidas (Ver tabla III).

Se efectúan varias reacciones durante el secado por - - ejemplo la de melanoidinas las cuales son responsables por - el color, aroma y sabor de la malta (Ver fig. No.8).

La principal función del alfa y B-amilasa es degradar - el almidón principalmente a dextrina, maltosa y glucosa ( -- Ver fig. No.9).





U.N.A.M. TESIS  
 FACULTAD DE QUIMICA

DESARROLLO DE LA ALFA Y  
 BETA AMILASA

FIG.  
 8

ANTONIO LOMAS LOPEZ

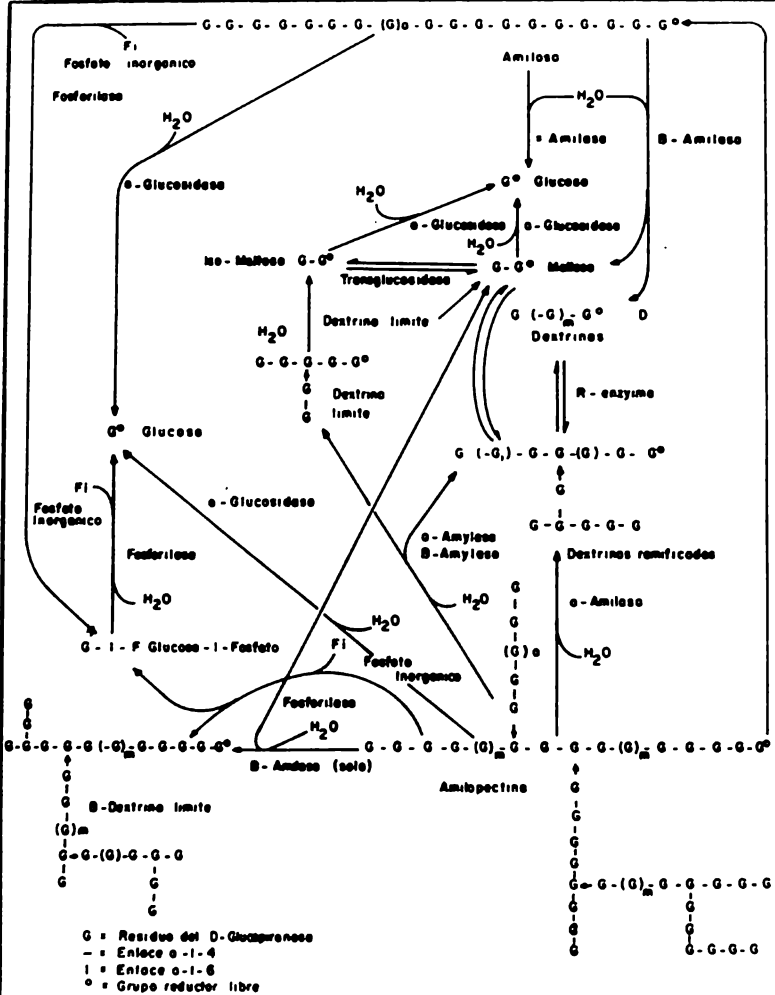


TABLA ICOMPOSICION QUIMICA (% BASE SECA)

	<u>GERADA</u>	<u>MALTA</u>
ALMIDON	63-65	58-60
SACAROSA	1-2	3-5
AZUCARES REDUCTORES	0.1-0.2	3-4
OTROS AZUCARES	1	2
GOMAS SOLUBLES	1-1.5	2-4
HEMICELULOSAS	8-10	6-8
CELULOSA	4-5	5
LIPIDOS	2-3	2-3
PROTEINA (N x 6.25)	8-11	8-11
AMINO-ACIDOS	0-5	1-2
MINERALES	2	2.2
OTRAS SUSTANCIAS	5-6	6-7

TABLA IIANALISIS DE ALMIDONES: CEBADA-MALTA

	<u>CEBADA</u>	<u>MALTA</u>
HUMEDAD (%)	11	14
PROTEINA (N x 6.25)	0.5	2
AMILOSA	26.5	29.2
AMILOPECTINA	19	16

TABLA IIIACTIVIDAD DE VARIAS ENZIMAS EN LA DEGRADACION DE CEBAS

	$\beta$ -glucanasa	Endoxi- lanasa	Arbino- xidasa	Xilo- biase lanasa	
CEBADA	1	1	1	1	1
MALTA VERDE	11	3.1	1.8	2.3	2
AL EMPEZAR SECADO	17	2	2.1	1.2	0.5
MALTA SECA	13	1.8	1.1	0.5	0.4

VALORES RELATIVOS A LA CEBADA, LA CUAL ES FIJADA EN TABLA I

TABLA IVPRINCIPALES ENZIMAS QUE INTERVIENEN DURANTE EL MALTEO

<u>NOMBRE</u>	<u>FORMACION</u>	<u>ACTIVIDAD</u>
ALFA AMILASA	SEGREGADA POR LA ALBURONA	ROMPIENTO DE ENLACES 1-4 DEL ALMIDON
BETA- AMILASA	ENDOSPERMO DE LA CEBADA	ROMPIENTO DE ENLACES 1-6 DEL ALMIDON
CITASA	ENDOSPERMO PAREDES CELULARES	HIDROLIZA HEMICELULOSAS GOMAS Y AZUCARES DE ALTO PESO MOLECULAR
PROTEASAS	EN LA CEBADA Y EN LA ALEURONA O DURANTE EL MALTEO	HIDROLIZA COMPLEJOS -- PROTEICOS A POLIPEPTIDOS Y PEPTIDOS
POSPATASA	EN LA CEBADA, INCREMENTANDO SU ACTIVIDAD DURANTE -- GERMINACION	LIBERA ESTERES FOSFORICOS ORGANICOS A INORGANICOS
PEPTIDASA	DURANTE GERMINACION, ALEURONA	HIDROLIZA POLIPEPTIDOS Y PEPTIDOS A AMINO-ACIDOS
MALTASA	EN LA CEBADA Y PEQUENAS -- CANTIDADES DURANTE GERMINACION	HIDROLIZA A LA MALTOSA EN GLUCOSA
OXIDASA	DURANTE LA RESPIRACION DEL GRANO (REMOJO Y GERMINACION)	ACTIVA EL OXIGENO MOLECULAR PRESENTE

### 2.3. Propiedades del grano a la influencia de absorción de agua

a) Contenido inicial de humedad: Generalmente se acepta que el grano de cebada tenga un contenido de humedad entre 12 y 14 por ciento durante su prolongado tiempo de almacenaje. Niveles más altos de humedad tienen efectos nocivos sobre su capacidad germinativa y por otra parte, los gastos requeridos y el tiempo utilizado para mejorar la capacidad germinativa no son justificados.

b) Tamaño del grano: La absorción de agua es influenciada por el tamaño del grano en la mayoría de los cereales. Los granos grandes absorben agua más rápidamente que los pequeños, aunque después de 24 horas el porcentaje de incremento es igual.

Después de un prolongado remojo de 88 horas, los granos pequeños tienen más porcentaje de humedad que los grandes como lo muestra el resultado de la tabla No. V, se encontró también que los granos pequeños ganan un contenido de humedad apropiado para germinar más rápido que los más grandes. No es usual maltear granos más pequeños de 2.2 mm.

Debido al grado de absorción de agua por granos de diferente tamaño, es más apropiado y benéfico remojarlos por separado de acuerdo a esta característica.

c) Contenido de nitrógeno: Se ha estudiado en forma sistemática la absorción de agua por muestras de cebada conteniendo diferentes porcentajes de nitrógeno y se encontró que la duración del tiempo de remojo sostiene una relación directa al contenido de nitrógeno.

También el contenido de almidón está positivamente relacionado con el tiempo requerido para ganar un predeterminado - contenido de humedad, porque las muestras con más contenido de almidón tienen menos nitrógeno, se valoran y absorben agua más rápido.

d) El dormancy y la sensibilidad al agua: La cebada que está inactiva usualmente no es malteada a menos que sea tratada con aditivos para superar ésta condición. Estudios anteriores sugieren que el dormancy es debido al fracaso del agua para pa sar a través de las capas exteriores de la cebada. Estos descubrimientos son basados en la habilidad de la cebada la cual es secada a altas temperaturas para que absorba agua más rápidamente que el grano que no es tratado.

El dormancy comprende los dos fenómenos, baja energía ger minativa y sensibilidad al agua. También se sabe que el fracaso de la cebada sensible al agua para crecer es debido a la in capacidad del embrión para responder a la baja tensión por el oxígeno, esto se debe a la presencia de una indebida película gruesa de agua. La baja energía germinativa también refleja - una deficiencia de oxígeno en la vecindad del embrión. Ambos aspectos son vencidos por un incremento de oxígeno.

Sin embargo, la baja energía germinativa y la sensibilidad al agua son estudiadas separadamente por investigadores y a menudo igualan con el dormancy y muestran como debe ser controlada por factores metabólicos, considerando que la sensibilidad al agua es influenciada por condiciones externas. (Ver referencia No.2).

El dormancy es debilitado por tratamiento químico, se mostró que al añadir 500 mg./lt. de ácido giberélico con 0.1% de nitrato de potasio, el dormancy se debilita. (Ver Refs. 2 y -15).

En la práctica, la cebada que es sensible al agua, pero no tiene baja energía germinativa, germina exitosamente si el contenido de humedad es elevado de 31-35%, el agua de remojo debe ser drenada y el grano expuesto al aire hasta que germine (18-24 hrs.), después del cual puede ser sumergido nuevamente sin dañar la germinación. Una vez que se tenga el contenido de humedad usual (43-46%), son vencidas las condiciones de sensibilidad al agua y no se presentan más problemas en germinación.

La sensibilidad al agua se encuentra en cebadas de reciente cosecha, recogida en condiciones húmedas y es más prevalente en países marítimos que en los países secos y húmedos de -- Europa Central.

El dormancy y la energía germinativa se pueden vencer con el uso de altas temperaturas en el remojo y secado, las altas temperaturas en el remojo no tienen ningún efecto en la sensibilidad al agua, pero un remojo con bajo contenido de humedad destruye la condición.

Recientemente se intentó determinar el porqué los granos con sensibilidad al agua fallan en condiciones normales de remojo. (Ref. No.2). Algunos investigadores no encontraron diferencias significativas en el tipo de oxígeno presente en el grano y en el agua, pero en bajas tensiones de oxígeno la germinación fue menor.



De este modo, aparece que la germinación del embrión es - un reflejo del oxígeno presente en el remojo.

La sensibilidad al agua es influenciada por las condiciones prevalentes y depende de la variedad y temperatura de remojo. También en granos sensibles al agua el procedimiento de - remojo usando aire, disminuye eficiencia en la germinación y - en general da más pérdida de malta pero una mejor modificación.

La baja energía germinativa y la sensibilidad al agua son resultados de condiciones diferentes en el grano, la baja energía es un reflejo del estado metabólico del embrión y la sensibilidad al agua es una manifestación de efectos externos en el funcionamiento del grano.

e) Absorción de agua y calidad de malta: Varios intentos se han hecho para correlacionar estos factores. Algunos investigadores moderaron la absorción de agua de diferentes cebadas - durante el remojo y analizaron el resultado de maltas por el - procedimiento Harton 4-malta. (Ref. No.13). Estableciendo que las muestras de grano que absorben agua más rápido dan mejores maltas que aquellas que absorben agua más lentamente. No se - ha podido demostrar una correlación matemática entre la absorción de agua y la modificación de la malta, pero hay evidencias de que la cebada que absorbe agua más rápido produce malta de mejor modificación proteolítica y citolítica.

También se estudia el efecto de los diferentes tiempos -- iniciales de remojo, observándose una diferencia significativa en la capacidad germinativa y por ende en la calidad de la malta así producida.

Al ser estudiadas las actividades de respiración y de alfa-amilasa, se establece que el endospermo tiene una gran capacidad de respiración y es la mejor área de producción de alfa-amilasa, las raicillas y el embrión muestran respiración profunda pero forman pocas enzimas.

f) **Metabolismo de los carbohidratos:** La conversión de almidón y sacarosa tiene lugar durante el remojo por medio de una reducción de azúcares. Por otra parte se observa que la glucosa, fructuosa y sacarosa decrecen en el remojo. Usando los métodos cromatográficos también se establece que en la cebada -- Imer, (Ref. No.12), la sacarosa, rafinosa, glucodi-fructuosa y fructuosas de menor peso molecular decrecen durante el remojo mientras que la maltosa y maltotriosa se incrementan.

En la cebada Plumage-Archer; la glucosa y la fructuosa se incrementan durante el remojo pero la sacarosa y rafinosa se agotan.

En contraste, la sacarosa se consume en todos los casos.

La desaparición de la rafinosa también se observa en otros tipos de semillas; dando como resultado una cantidad considerable de estudios.

Recientemente, Palmer y Briggs (Ref. No.2), establecieron que durante la germinación el contenido de rafinosa del embrión declina lentamente y sugieren que la rafinosa sobrelleva la degradación a galactosa y sacarosa, posteriormente la galactosa es enzimáticamente epimerizada a glucosa antes de ser metabolizada.

El trabajo revela que el contenido de almidón disminuye - levemente el remojo como resultado de la actividad diastásica.

El contenido de humedad afecta significativamente las actividades de alfa y beta-amilasa cuando se prepara el destilado de malta.

Se obtienen mejores resultados con 3 días de remojo húmedo-seco (36 horas húmedo, 36 horas seco), a 15°C., para llevar a cabo un contenido de humedad en grano de 46%.

Si ocurren algunos trastornos de beta-glucanos en el remojo, nos indica que la cebada esta activa en este corto período de remojo.

**2.4. Cambios metabólicos durante el remojo:** El remojo es un período en el que muchas actividades físicas y químicas tienen lugar, las cuales influyen en el desarrollo del grano. El refinamiento de técnicas analíticas en los últimos años proporciona más información detallada, la cual es tratada a continuación:

**a) Respiración:** El muy bajo nivel de respiración en el grano seco, asciende rápidamente cuando el grano es humedecido. Este incremento es el primer cambio metabólico fácilmente observado en la cebada y en la mayoría de las otras semillas. El oxígeno es absorbido exponencialmente en una hora y la mayoría del oxígeno es removido del agua de remojo por el grano. El incremento de la actividad respiratoria es compartido entre el embrión y la capa de la aleurona. Simultáneamente con el incremento en la actividad respiratoria está el influjo de azúcares del endospermo, aunque no esta claro si la actividad respiratoria es debido a la oxidación de azúcares para proporcionar

energía o no.

En algunos casos, dentro de los primeros minutos de humidificación del grano, el aire es absorbido y el bióxido de carbono es liberado por los tejidos de la semilla.

En la ausencia de abastecimiento de oxígeno, el embrión - respira anaerómicamente para producir bióxido de carbono y alcohol el cual puede inhibir la germinación.

El acceso de oxígeno es restringido por las cubiertas del grano y no es adecuado hasta que ocurre la germinación.

Igualmente el alcohol se acumula bajo las cubiertas del grano hasta que son rotas. Parece, de cualquier forma que este efecto inhibitorio de alcohol y bióxido de carbono esta sobreenfatizado porque en el remojo tradicional sin aire, el grano no era dañado por el grano que no germinaba.

Ambos el consumo de oxígeno y la emisión de bióxido de carbono se elevan durante el remojo si el agua es aireada continuamente. Lo anterior está estrechamente controlado por el abastecimiento de oxígeno pero el posterior es menos influenciado por la tensión del oxígeno. El cociente respiratorio -- crece un máximo (1.5), durante las primeras 6 horas seguidas - al remojo, después de 24-48 horas de remojo declina hasta - - (0.95).

La intensidad de respiración es relativa a la velocidad - crecimiento y la respiración se hace más rápida en la zona de  $3/8$ - $5/8$  de longitud de la plúmula del grano. Este índice de - máximo crecimiento cambia de una variedad de cebada a otra y -

es independiente del remojo y no es causado por asfixia del grano. Se pretende que la determinación de éste índice sea útil en el control de las condiciones de malteo y micro-malteo.

- b) **Metabolismo del nitrógeno:** Durante el malteo, las proteasas tienen una función más significativa que los polisacáridos en la conversión de la cebada dura en malta friable.

Las actividades de la transaminasa, proteasa y el contenido de amino-ácidos se incrementan en la cebada y otros cereales cuando se aumenta la cantidad de agua y la aireación durante el remojo, causando una elevación en la actividad de las peptidasas.

El significado de estos cambios en la actividad de las enzimas y en la calidad final de la malta no se ha establecido.

La atención está situada en los nucleótidos y su asociación con el ácido giberélico en el control de la germinación de cebada.

También se mostró que hay una vuelta de ribosomas en las medias semillas de cebada sin embrión cuando son remojadas en ácido giberélico. Las células del aleurona contienen ribosomas en estado seco, pero el metabolismo no se activa hasta que las semillas son remojadas.

- c) **Metabolismo de otros componentes:** Después del remojo de las semillas de cebada en agua y ácido giberélico hay un incremento en ribonucleasa y la actividad fitasa.

El efecto del giberilino en el metabolismo fosforoso de la cebada en las primeras horas de germinación se estudió y se observaron cambios en fosforilación del mitocondrias en presencia del ácido giberélico. (Ref. No.2).

La relación entre la absorción de agua y la actividad de las enzimas se estudia también en un nivel más práctico. Inicialmente durante el remojo, las actividades de la ribonucleasa y fosfatasa se elevan siguiendo la absorción de agua. Después de las primeras 6 horas las actividades caen, solo para crecer después si el agua de remojo se cambia o si el grano se expone a la atmósfera.

La inhibición del crecimiento en cebada sensible al agua se causa por la paralización de fosforilación, debido a la producción de grandes cantidades de índole-3-ácido acético (IAA), durante las primeras horas de remojo. Este exceso es el resultado de la presencia de un factor rezagado en granos sensibles al agua, el cual causa una demora en la oxidación enzimática de (IAA).

Es interesante notar que la cisteína, glutatióna reducida y mercapto ácido acético, crean un rezago en la oxidación de (IAA), aunque éstos no inducen la sensibilidad al agua en granos normales de cebada.

El ácido giberélico tiene éxito como un auxiliar del malteo pero el uso de otras hormonas aún no se desarrollan comercialmente.

Se conoce que el 3-amino 1,2,4 triazole y kinetin, estimulan la modificación de la cebada pero sólo en concentraciones de 100 mg./lt.

Cuando se adiciona (IAA), y ácido giberélico a la cebada que se encuentra en germinación, decrece la producción de alfa-amilasa y se incrementa cuando se adiciona únicamente (IAA)

El mecanismo de reacción del (IAA), es estudiado ampliamente pero una vez más existen demasiados efectos secundarios para exitosa aplicación del (IAA), usándose exclusivamente para aumentar la producción de alfa-amilasa.

d) Inhibidores de la germinación: Aparte de los ácidos y de los álcalis la atención es principalmente dedicada a la inhibición de los componentes de los licores de remojo, aunque se sabe que la germinación es inhibida por extractos acuosos derivados de los mismos.

Al hacerse estudios detallados en las sustancias inhibitorias presentes en el licor de remojo, se encontró que el ácido acético en compañía de otros ácidos carboxílicos son establecidos para inhibir la germinación en concentraciones -- arriba de 2 gr/lit.

Muchos componentes, incluyendo algunos que son añadidos en bajas concentraciones (100 ppm), son inhibidores a altas concentraciones. Se considera que las bacterias o sus productos, señaladamente ácido acético y otros más son responsables de una gran parte de la inhibición.

Para controlar la proteólisis del grano generalmente se agrega bromato de potasio o de sodio.

Actualmente el bromato de potasio se utiliza como medio de control de los efectos del ácido giberélico en la modificación del grano.

El bromato de potasio es normalmente aplicado como rocío después del remojo a una concentración de 100-200 mg/Kg. de cebada a remojar, en esta concentración el bromato es absorbido rápidamente por el grano germinante y se encuentra presente en el endospermo del grano después de 4 horas de haberse aplicado.

## 2.5. Efecto de los aditivos en el licor de remojo.

a) El ácido giberélico en bajas concentraciones (0.1-0.2) ppm, estimula la capa aleurona de la cebada para generar las enzimas, las cuales modifican la cebada. Este componente es sin duda, el aditivo más importante usado en el malteo.

Los puntos apropiados en el proceso de malteo en los cuales se debe añadir el ácido giberélico son; en las últimas horas de remojo y las primeras de germinación.

Debido a que el endospermo es impermeable el ácido giberélico se debe aplicar cuando el grano esta germinando, preferentemente como un rocío después del remojo. Esta observación forma las bases del desarrollo de las cebadas raspadas, las cuales proporcionan otros sitios para la entrada de ácido giberélico al grano germinante.

El ácido giberélico, es uno de una serie de giberilinos naturales, los cuales exhiben simultaneamente actividad en plantas.

Otros componentes tales como kinetin, triciclo-terpeno, steviol, estimulan la formación de las enzimas en la cebada.



b) Sales, agentes oxidantes y antisépticos: Hay diferentes reportes de que ciertas sales cuando se disuelven en el licor de remojo estimulan la germinación de la semilla. Los licores alcalinos disuelven el material resinoso y el tanino, - más rápidamente que los ácidos y las sales neutras, e incrementan la absorción de agua. El pH de los licores de remojo se debe mantener entre 8 y 10 por la adición de álcali o por continuos cambios del licor de remojo, para prevenir algún daño por los productos de respiración. La cebada puede ser remojada en 1% de sodio caliente o hidróxido de potasio para disolver las sustancias fenólicas. Las maltas que se obtienen en esta forma producen cerveza más fina y fermentaciones más suaves pero existen algunas demandas desde que se encontró -- que una solución 1.0 N de hidróxido de sodio mata completamente el grano. En otros procesos el álcali es usado esencialmente para prelavar el grano antes del remojo normal.

Es común practicar el remojo de cebada en agua de cal, - utilizando entre 10 y 20 gr/hectólitro.

Este tratamiento es para promover la germinación de la - cebada, la cual este en forma inactiva o haya sufrido contaminación microbiológica, su efecto es relativamente pequeño. También se usan agentes esterilizantes, tales como hipocloritos, pero estos corrompen el sabor de la malta resultante y - la cerveza, su uso por lo tanto es incompetente en escala comercial. Por una razón igual, los antisépticos conteniendo - cloro en estado libre, no pueden ser usados porque dan un sabor fenólico a la cerveza.

El uso de formaldehído en concentraciones pequeñas reduce el contenido de antocianógeno en la cerveza sin fermentar e incrementa la estabilidad no biológica de la cerveza resultante, usando soluciones de formalina al 0.2% se incrementa la germinación.

La adición de ácido en el remojo trae consigo múltiples beneficios, rociando el grano con ácido sulfúrico al 0.1% se obtiene un máximo de poder diastásico y germinación, adicionando ácido fosfórico al 1% se estimula la germinación en cebadas viejas pero no ejerce ningún efecto en cebadas normales.

La adición de ácido sulfúrico en el remojo conteniendo ácido giberélico reduce las pérdidas de malta e incrementa el extracto, pero la cerveza sin fermentar tiene pobre atenuación. La cebada retiene sus propiedades germinativas después de un tratamiento con 50% de ácido sulfúrico por un período de tres horas.

El ácido acético y los acetatos inorgánicos en concentraciones de 100 mg/lit. en agua de remojo, estimula la germinación en cebadas únicamente con dormancy.

Los ácidos fenólicos tales como ferúlico y ácido p-hidroxibenzoico en concentraciones de 100 mg/Kg de cebada retrasan la síntesis de enzimas por el ácido giberélico.

Ciertos agentes oxidantes estimulan la germinación en granos activos y no activos.

La adición de permanganato de potasio tiene un efecto benéfico en el crecimiento, con lo cual se reduce el tiempo de malteo.

El peróxido de hidrógeno entre 0.1 y 1 %, además de ser efectivo en granos con dormancy, también estimula la cebada sin dormancy, las soluciones al 0.5% de peróxido de hidrógeno estimulan la germinación y efectúan mejoras en la modificación aumentando la proteólisis. Como quiera, el alto costo del peróxido de hidrógeno impide actualmente su uso a nivel industrial. Otros componentes, por ejemplo el ácido peracético y anhídrido sulfuroso (0.02%), son menos efectivos que el peróxido de hidrógeno.

Muchos componentes son disueltos en el licor de remojo, con el objeto de estimular la germinación y reducir el tiempo de malteo.

Entre los componentes conocidos para elevar la energía germinativa de las cebadas inactivas están la tio-urea, sulfuro de hidrógeno y muchos mercaptanos, hidroquinona, fenol y un sinnúmero de sustitutos de: fenol, ácido nitroso (0.05%), carbonato de sodio (0.1%), o bromato de potasio (0.002%), así como los iones de manganeso, muchos de estos componentes muestran sólo un efecto marginal.

Las mezclas de antibióticos son efectivas en cebadas que tienen sensibilidad al agua, la germinación se acorta por 2-4 días con la presencia de 50 Kg/Ton de cebada a remojar de fungicidin soluble (nistatin).

Los iones de:  $\text{Cu}^{++}$  y  $\text{Co}^{++}$  estimulan la respiración del grano a diferencia de:  $\text{As}^{++}$ ,  $\text{Cr}^{++}$ ,  $\text{Hg}^{++}$ ,  $\text{Ti}^{++}$  y  $\text{V}^{++}$  que inhiben la germinación completamente.

La dureza del agua de remojo no afecta la calidad de la

malta terminada pero si las sales de hierro están presentes - en más altas concentraciones que las usuales la malta es destañada.

### 3.0. TECNOLOGIAS DE REMOJO

3.1. El propósito de los malteros es la producción de malta -- por modificación de la cebada tan eficientemente como sea posible. Esta modificación es satisfactoria solo si el grano de cebada tiene un contenido de humedad de 43-46%. Durante la germinación en el campo este nivel de humedad es fácilmente accesible, pero durante el malteo comercial la humedad debe ser añadida más rápidamente por remojo del grano.

La humidificación de la cebada manteniéndose de 48-50%, permite que el malteo se complete entre 5 y 6 días. De donde manteniendo altos niveles de humedad fuera de remojo resulta una mejor malta modificada.

Tradicionalmente el proceso de remojo era llevado a cabo mediante el remojo del grano en un tanque por 2 o 3 días con dos o tres cambios de agua. Este era el mejor método de incrementar el contenido de humedad hasta el nivel deseado, pero no había especial provisión para abastecer de oxígeno al grano, la pequeña cantidad disuelta en el agua de remojo permitía respiración para proceder lentamente y prevenir el daño al poder germinativo del embrión. Incrementando la investigación para estudiar los efectos de la aireación en el remojo -- ha resuelto en el uso de accesorios, los cuales permiten la aireación durante el remojo. Alternativamente, el grano es expuesto a la atmósfera o aire reposado, antes de haya alcanzado su óptimo contenido de humedad para germinación.

Muchos factores influyen en la absorción de agua incluyendo el tamaño, el contenido de nitrógeno y el contenido in

cial de humedad de los granos, ésto mientras el dormancy no -  
aparezca para afectar la absorción de agua. La calidad de --  
malteo de cebadas fué correlacionada con su tipo de absorción  
de agua bajo condiciones fijas.

Las técnicas de desarrollo, las sustancias simuladas, --  
ácido giberólico, quinetin y otros componentes que influyen -  
en el proceso metabólico acompañando la absorción de agua de-  
ben ser considerados.

Las actividades metabólicas recibieron considerable aten-  
ción.

#### a) Aspectos fisiológicos de la absorción de agua

La absorción de agua por el grano de cebada y otras semi-  
llas con temperaturas normales de agua de remojo de 12-15°C.,  
es generalmente considerada que ocurre en tres fases. Fase 1  
de 6-10 hrs. donde ocurre una rápida absorción de agua y se -  
considera que es el tiempo cuando el 60% del total del agua -  
es absorbida. Fase 2, de 10-20 hrs., en esta parte la absor-  
ción de agua es muy lenta o cesa completamente. Fase 3, de -  
más de 20 hrs., implica una rápida absorción de agua interrump-  
pida por una meseta, la "meseta de remojo acabado", remojando  
más allá causa una debilidad de la membrana semipermeable del  
grano. Las tres fases se discuten a continuación con más de-  
talle:

- Fase 1: Durante éste corto período de rápida absorción  
de agua la semilla se hace gelatinosa, debido a la presencia  
de proteínas y carbohidratos.

Esta absorción es simplemente un proceso físico. El agua absorbida penetra las capas exteriores del grano más lentamente. El pericarpio es la principal barrera para el acceso de agua mientras la testa lo restringe sólo durante las pocas horas de remojo, aunque le resta la impermeabilidad a muchas sustancias. La testa actúa como una membrana semi-permeable.

Las aberturas para la penetración del agua existen en el pericarpio y la testa, a través de las cuales la humedad puede entrar. Después del examen del movimiento de ácidos, sales y tintes a través de varias capas del grano, se concluye que el pericarpio tiene una capa exterior tipo corcho o cutícula, la cual desaparece alrededor del embrión y en las extremidades superiores del grano. En estos puntos el agua puede ser absorbida. Algunas variedades tienen una capa más gruesa de cutícula en su pericarpio y de este modo tienen una menor permeabilidad. A lo largo de lo café del surco abdominal del grano y en la región del micropilo la estructura de la testa es modificada para permitir el paso del agua (Ver figs. No. 2 y 3), la mayoría de la cual probablemente pasa a través de la región del micropilo, aunque también puede pasar a través del surco abdominal como es el caso del trigo.

Durante el remojo el embrión, a la mitad del grano, absorbe agua más rápido que la mitad distante del centro. El embrión por sí mismo es responsable de su absorción de agua. Después del remojo el embrión contiene de 65-70% de humedad y el endospermo aproximadamente aproximadamente un 41%. Los granos están también circundados por una delgada película de

humedad la cual representa entre 2 y 3% del grano entero. En las primeras horas de germinación el embrión absorbe agua inicialmente de esta película pero más tarde extrae agua del endospermo. Si la superficie de agua es removida, la germinación ocurre más rápidamente pero el extracto final es menor -- que con la muestra normalmente desaguada. De este modo se -- concluye que el agua retenida por el grano completamente saturado no es suficiente para producir un rendimiento de extracto.

El endospermo absorbe agua más lentamente y continúa -- el proceso hasta que el grano es enteramente hidratado. Es -- posible que el escudete sea el primer órgano en la cebada que llega a ser metabólicamente activo durante el remojo como lo -- es en el maíz.

- Fase 2: Aquí la absorción de agua es muy lenta o cesa completamente. Durante éste período la conversión de almidón o azúcar tiene lugar. Tal proceso hidrolítico probablemente produce incremento en la presión osmótica, lo cual resulta en absorción de más cantidad de agua por los tejidos del embrión permaneciendo así por un período de aproximadamente 120 hrs. para después cesar.

- Fase 3: Aquí el agua es absorbida en una rápida valuación lineal la cual es correlacionada con el metabolismo, par ticularmente con la iniciación de la actividad del sistema ci tocromo. Esta dicho que la mitosis no toma lugar durante las primeras 46 hrs., después del remojo y que todo crecimiento -- es debido al alargamiento de las células. Como en la fase 2, ésta absorción de agua sólo continúa si hay un abastecimiento



concurrente de nutrientes al endospermo.

La tercera fase toma lugar sólo si el abastecimiento de oxígeno es adecuado y no ocurre a muy bajas o muy altas -- temperaturas o en granos muertos. Las tres fases no pueden ser consideradas separadas una de las otras, como en el proceso metabólico, sino que están inter-relacionadas. La hinchazón del grano ocurre durante las primeras 24 hrs., después el tipo de hinchazón decrece.

La importancia de lograr una correcta distribución de la humedad dentro del grano ha sido revisada, pero esto es -- difícil de controlar con muchos de los equipos disponible.

### 3.2. remojo aeróbico

El nuevo procedimiento aeróbico se puede adaptar a los procesos que existen actualmente. El ciclo de humectación es como sigue: Se comienza con una breve inmersión del grano, -- se continúa con 12-14 hrs. de aireación intermitente (alternada con rocío de agua), finalmente, se transfiere el grano hacia los compartimientos de germinación. La duración del proceso se calcula de acuerdo a ciertas especificaciones de la -- fabricación de la malta y también para compensar las temperaturas variables del agua y la relación cuantitativa entre la capacidad del tanque de remojo y la cámara de germinación. -- El proceso se puede regular con relojes automáticos, para lograr el óptimo en la utilización de los materiales y adaptar el proceso a las condiciones del medio ambiente.

El sistema de remojo aeróbico es una forma avanzada de --

los sistemas de rociado de agua. Dos décadas atrás, la industria maltera hizo un esfuerzo muy grande para implemtar el sistema de humectación por atomizado. La razón principal de ello fue la necesidad de reducir los tiempos de germinación y remojo, y además reducir las pérdidas en el maltado. Sin embargo, debido a la dificultad que existe para mantener las temperaturas adecuadas dentro de los tanques de remojo, se desarrollaron versiones intermedias del sistema propuesto. (Ver ref. No. 13). Estos procesos más modernos reconocían la importancia del oxígeno durante el remojo.

Los sistemas intermedios consistían, principalmente, en secuencias de remojo que alternaban inmersiones y fases de rociado.

En las fases de inmersión se cuidaba el suministro de -- oxígeno saturando el agua con este gas.

En las fases de rociado, se empleaba ventilación por -- succión, o por inyección de aire comprimido. De esa manera -- se conseguía el proceso aeróbico y la eliminación de  $CO_2$ . El agua de inmersión se usaba para controlar las temperaturas -- prescritas para el proceso de germinación de la cebada.

El nuevo proceso de germinación aeróbico se inicia con -- una inmersión corta, para lograr la humectación uniforme y -- dar inicio a la respiración del grano. Luego de la inmersión el grano se rocía intermitentemente y se ventila, para mantener la temperatura y la aeróbisis.

La tabla VI resume las características más importantes y

principios del sistema aeróbico. El procedimiento puede considerarse como un sistema aeróbico continuo luego de la primera inserción. En tanto se trate de un proceso aeróbico, se da una mayor eficiencia termodinámica que en los procesos anaeróbicos de malteado. En los procesos aeróbicos, la energía de oxidación de la glucosa que se convierte en  $\text{CO}_2$  y agua, a razón de 686 Kcal/mol de glucosa metabolizada. En los procesos anaeróbicos, la glucosa se convierte en ácido láctico, liberando sólo 52 Kcal/mol de glucosa metabolizada.

De acuerdo con esto, para obtener una misma proporción de crecimiento y transformación, el proceso aeróbico consume una menor cantidad de glucosa para dar energía al proceso biosintético. De ello se deriva una menor pérdida en el malteo. En los procesos anaeróbicos, el grano está sujeto a fases de pérdida de glucosa sin que ello derive en una mayor tasa de transformación y crecimiento.

TABLA VI    
  PRINCIPIOS DEL REMOJO AEROBICO  

1.- Humectación continua aeróbica:

(a) El proceso aeróbico es más eficiente desde el punto - de vista termodinámico.
(b) El consumo de oxígeno esta relacionado proporcional-- mente a la concentración.
(c) La cebada no es una planta acuática.
(d) La interrupción de la aeróbisis requiere de un tiempo de recuperación sustancial.
(e) El proceso aeróbico genera calor.

2.- Funciones del agua:

(a) Absorción de humedad para la iniciación de la germinación.
(b) Control de la temperatura.
(c) Lavado de la cebada.
(d) El agua intersticial y excedente no se usa de manera apropiada.

Los sabores amargos pueden ser detectados en la fase de humectación si se esta usando un proceso anaeróbico. Según el grado de aeróbisis, los sabores extraños pueden generarse también en esa fase.

Si se ponen en relación los datos del oxígeno disuelto - (en el agua, en las inmediaciones del grano), con el tiempo de humectación del mismo. Una manera de uniformizar la malta y de optimizar el proceso de malteado consiste en mantener estable la concentración de oxígeno.

a) Datos de malteado y de la cerveza terminada: Las empresas cerveceras de Europa y de los EE. UU. han justificado el uso del sistema aeróbico. La tabla No. VII muestra las reducciones en el uso de agua con el sistema aeróbico en cinco malterías diferentes. El consumo de agua en esas malterías oscilaba entre 20 y 65 galones por bushel de cebada. Luego de la aplicación del nuevo sistema, el consumo se mantuvo entre 10 y 13 galones por bushel. Las diferencias se debían al tamaño del tanque de remojo y a la duración del ciclo.

Al mismo tiempo que se ahorra agua, el nuevo sistema permite reducir la carga de los tanques. Las reducciones en la carga (BOD) oscilaban entre 0 y 60% según la variedad de cebada, la limpieza de los granos y la reducción de los efluentes de agua.

Otro principio que deriva del remojo aeróbico, es que la cebada no es una planta acuática por lo que el nuevo sistema lleva tasas más altas de respiración. Con ello se obtiene -- también un ciclo de germinación más corto.

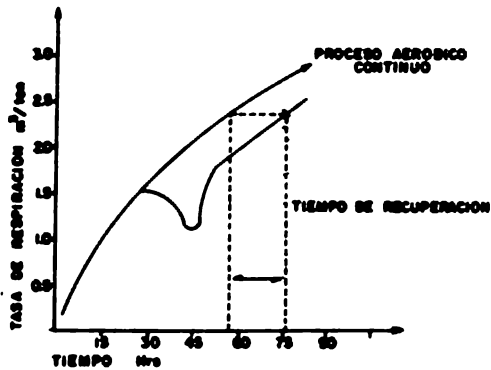
La fig. No. 10, ilustra los efectos delétereos de la interrupción del aeróbico continuo, cuando se sumerge la cebada en agua o cuando se transfiere así a los compartimiento de -- germinación. El tiempo de recuperación de una carga de grano (sumergido en agua para su traslado a las cámaras de germinación), es de 24 horas, aunque no es tan perjudicial como la - tranferencia antes mencionada, la inmersión del grano luego - de la fase de remojo aeróbico tiende a disminuir la tasa de - respiración.

El último principio del remojo aeróbico consiste en que este procedimiento genera calor en forma sustancial. La eliminación del calor debe ser uniforme para evitar la formación de puntos calientes en la carga. Para ello se usa un atomizado uniforme con agua.

El cual cumple las siguientes funciones:

- (1) Aumento de la humedad para dar comienzo a la germinación.
- (2) Control de la temperatura.
- (3) Lavado o limpieza de la cebada.

Los granos de cebada no absorben uniformemente la hume--dad. Si el agua es absorbida principalmente por el embrión - durante cualquier fase del remojo, el crecimiento puede producirsese sin una transformación suficiente. Aunque el rápido -- crecimiento del germen de cebada es propio del remojo aeróbico, ello no tiene que ver con la absorción preferente de agua por la parte del embrión. Tal como se demostrará más adelante, la cebada sometida al proceso aeróbico sufre una transformación más rápida que la que se somete a inmersión.



TOMADO DE :  
 BREWERS QUEST Feb 1979  
 CHICAGO, ILLINOIS, EE.UU.

**U.N.A.M.** TESIS  
 FACULTAD DE QUIMICA

INTERRUPCION DE LA AEROBISIS Y  
 TIEMPO DE RECUPERACION

FIG:  
 10

ANTONIO LOMAS LOPEZ

El agua se usa para controlar la temperatura y como el propósito original del procedimiento es el de ahorrar agua, los rociados se hacen en forma intermitente. Los ciclos de humectación se programan anticipadamente y se ponen en funcionamiento sólo cuando es necesario para el control de la temperatura o para garantizar una buena absorción de agua.

Una práctica común en las malterías de EE. UU. consiste en lavar la cebada con una gran cantidad de agua. En la técnica de atomizado, la velocidad del flujo de agua es de 20 a 200 veces mayor que en aquella técnica. De manera, que se puede conseguir el mismo efecto de lavado del grano pero con menores cantidades de agua.

En el sistema aeróbico los granos son rodeados por una delgada película de agua. Las válvulas de los tanques de remojo se mantienen bien abiertas con lo que se evita que se formen acumulaciones de agua. Comparando el volumen de agua de un tanque de inmersión, con el agua que forma esa película alrededor de los granos en la nueva técnica, se puede observar que, el volumen de agua es 20 veces superior, sin que esa agua sea aprovechada verdaderamente.



#### 4.0. TECNOLOGIA DE PROCESO

##### 4.1. Descripción del proceso

El proceso principia con período corto de inmersión de 6-8 hrs. (dependiendo de la variedad a procesarse).

Por una línea de 2 in. de diámetro se alimentan de 28-32 m<sup>3</sup>, de agua previamente atemperada a 14°C. en los tanques de almacenamiento de agua, enfriados a base de amoníaco a alta presión, por otra línea de 10 in. de diámetro y con un ángulo de descarga de 54°, procedente de una tolva donde ha sido colocado el grano de cebada previamente seleccionado y -- pasado por la máquina cribadora con sus respectivas mallas, se introducen al unitank por gravedad 23 toneladas de grano de cebada. Inmediatamente después se da paso al aire a alta presión por un tubo concéntrico de 4 in. de diámetro para -- dar una agitación enérgica al contenido del unitank y efectuar así un lavado lo más homogéneo posible, simultaneamente a este paso se adicionan 5 kilogramos de sosa cáustica en el seno del unitank donde permanece interaccionando por un período de 3-4 hrs. al cabo de las cuales se adicionan 16 kilogramos de ácido sulfúrico por una línea de 3/4 in. de diámetro proveniente de un dosificador con su respectivo indicador de nivel y su válvula de paso de PVC. Es aquí donde se efectua una reacción de neutralización ácido-básica y el --- tiempo de interacción es de 3-4 hrs. (Ver fig. No. 12).

A través de la corta inmersión de 6-8 hrs., constantemente se esta drenando por un ducto de derrame de grano flotante de 8 in. de diámetro, el cual es recibido en un tanque

receptor especial para posteriormente ser utilizado como alimento para ganado.

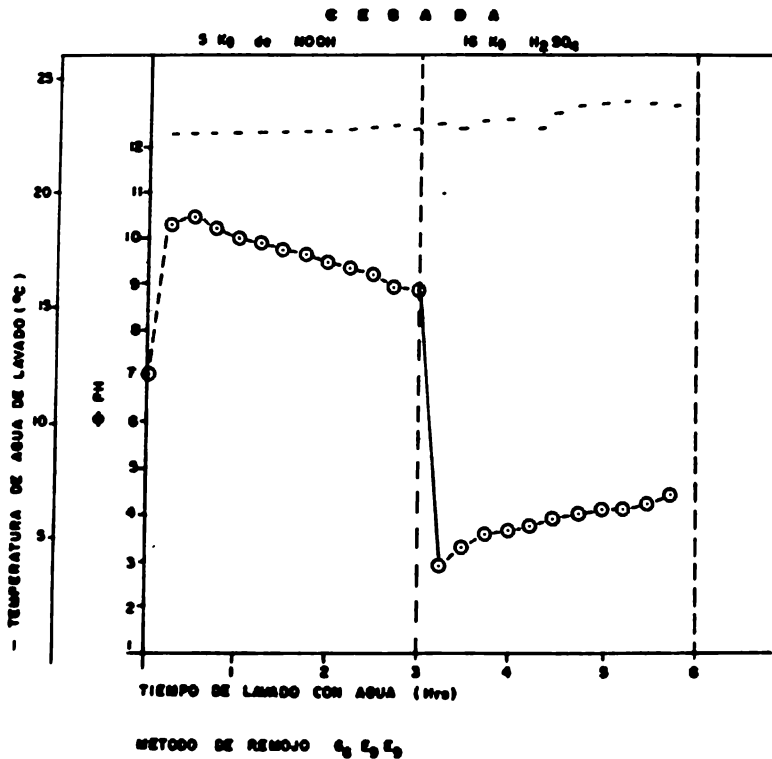
Una vez completado este corto período de inmersión el grano es descargado por el fondo del cono por una línea de 6 in. de diámetro la cual tiene dos válvulas, la primera una válvula de globo para drenado que fue instalada sólo por motivos de seguridad y la segunda una válvula de compuerta, to do el grano es conducido a las salas de remojo por una bomba centrífuga de impulsor abierto a través de una tubería de 6 in. de diámetro, la capacidad de flujo de la bomba es de 70 toneladas por hora, utilizándose alrededor de 25 minutos para efectuar la descarga del unitank, incluyendo los tiempos de maniobras para repartir la carga en las salas de remojo - norte y sur, utilizándose para abrir y cerrar flujos dos vál vulas de mariposa.

Cabe hacer notar que el proceso de humectación es exotérmico, incrementándose en proporción directa con el tiempo de remojo.

En esta corta inmersión se incluyen gráficas de pH y -- temperatura contra tiempo de remojo. (Ver fig. No. 12).

Una vez que la carga en medio acuoso ha sido colocada - en porciones iguales en las salas de remojo en los tanques - No. 3 y No. 6 (Ver diagrama No. 4), los cuales tienen una ca pacidad entre 14 y 16 toneladas dependiendo primordialmente de la facilidad de absorción de agua del grano.

El tiempo de drenado utilizado a través del cedazo osci la de 40-60 minutos dependiendo esencialmente del tamaño del



**U.N.A.M.** TESIS  
 FACULTAD DE QUIMICA PROFESIONAL

VARIACION DE LA TEMPERATURA Y PH  
 CONTRA TIEMPO DE REMOJO

FIG  
 12

grano de cebada. El ducto de desague tiene un diámetro de 6 in., y una vez que ha drenado completamente se acciona el ai re de succión con un control automático del extractor, que - tiene una capacidad de flujo de extracción de  $0.7-0.9 \text{ m}^3/\text{min}$  por tonelada de cebda remojada y permanece así oxigenando -- continuamente por un lapso de 6-8 hrs., tomando el aire de - las respectivas salas de remojo el cual es enfriado entre -- 10 y 12°C. por el sistema de refrigeración descrito más adelante.

La descarga de estos tanques se efectúa por la parte in ferior, quedando en la misma dirección y ligeramente arriba del transportador de gusasa, el cual deposita el grano en un elevador de cangilones para ser removido y conducido seguida mente por un ducto de 8 in. de diámetro y por gravedad colocarlo en los tanques remojadores No. 1 y No.4, evitándose -- así la formación de puntos calientes que repercutirían direc tamente en la capacidad germinativa y por ende en la calidad del grano.

El tiempo de permanencia en los tanques No.1 y No.4, va ría de 8-10 hrs., al cabo de las cuales con el mismo sistema de transporte gusano-elevador es conducido a los tanques remojadores No.2 y No.5, durante todo el tiempo de volteo el - grano es atomizado por un sistema de espreas colocado en la parte superior de los tanques, con unos tubos de riego 1/4 - in. y 3 ft. de longitud, los cuales tienen un ángulo de 25° de inclinación hacia el centro de los tanques remojadores y el tiempo de permanencia en este último reposo varía comun-- mente de 8-12 hrs. dependiendo basicamente del porciento de

o0

**granos brotados y la temperatura del mismo en este último --  
repose.**

#### 4.2. Descripción del equipo;

a) **Unitank:** Es un tanque cilíndrico de  $48m^3$  de capacidad que termina en forma de cono con un ángulo de descarga de  $--54^\circ$ , la carga de cebada en este tanque se efectúa por la parte superior y se lleva a cabo por un transportador de gusano, la descarga es realizada por la parte inferior del tanque y el grano es bombeado hasta los compartimientos de la sala de remojos, este tanque consta también de cuatro líneas de entrada; agua, ácido sulfúrico, sosa cáustica y aire a --presión. Además tiene a cierta distancia del domo del tanque unos orificios de derrame para eliminar el grano flotante y algunas impurezas que no se hubiesen separado en el cribado de la cebada previo a la carga del unitank.

b) **Tanques remojadores:** Estos tanques son en forma cilíndrica y al igual que el unitank poseen un ángulo de descarga de  $45^\circ$ , así como una cama de derrame y líneas drenadoras. - Estos tanques están ubicados a cierta altura tal que facilite la descarga por gravedad accionando tan solo una válvula de compuerta que da paso hacia el sistema de transporte gusano-elevador, para remover el grano o para ser enviado a la siguiente etapa de proceso (germinación).

Estos tanques además en la parte superior constan de un sistema de atomizado por espumas para proveer de agua previamente atemperada al grano cuando éste lo requiera.

Cuando se transfiere el grano a los tanques remojadores

se hace en medio acuoso, por tal motivo los tanques en el cono constan de un cedazo para prevenir el paso del grano durante el drenado del agua.

La parte interna de estos tanques se encuentra cubierta con una serie de pinturas vinílicas anticorrosivas, las cuales en un momento dado nos indican el desgaste sufrido durante el tiempo de procesamiento y así tomar la medidas correctivas. (Ver diagrama DG-4).

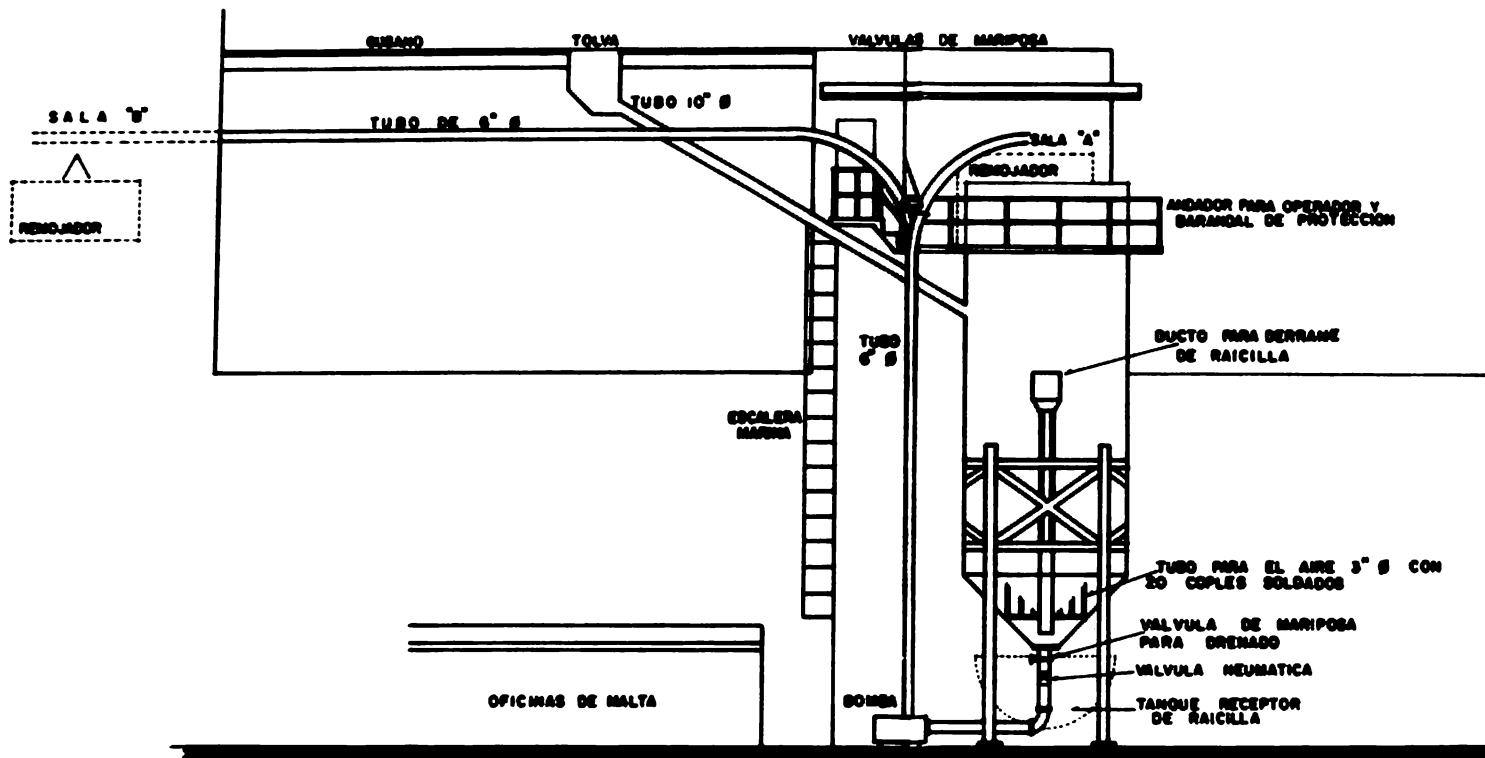
- c) Extractores de  $\text{CO}_2$ : Cada tanque remojador en el cono tiene anexo un sistema de succión a presión de bióxido de carbono para oxigenar constantemente el grano contenido en los tanques remojadores, la presión de succión es producida por un abanico de alta capacidad de extracción. (ver DG-4).
- d) Sistema de refrigeración: De acuerdo con el diagrama correspondiente a nuestro sistema de refrigeración, este se alimenta con una línea de amoníaco de 1 in. de diámetro, la cual puede manejar hasta 125 toneladas de refrigeración, -- que se distribuyen al atemperador, enfriador de aire para agitación en remojos y tanques de agua fría para efectuar los períodos de corta inmersión, estos tanques tienen sus respectivas válvulas de expansión térmica. Cabe hacer notar que este es un sistema diseñado para cargas variables de refrigeración.

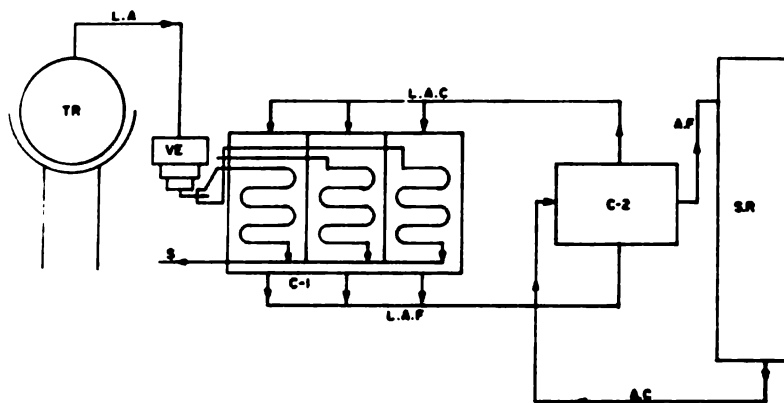
Una vez que se ha efectuado el intercambio de calor, -- la línea de succión de amoníaco lo conduce hasta un acumulador para separar las dos fases, la fase gaseosa es pasada a

través de un compresor y seguidamente a un condensador para posteriormente ser utilizado.

Todo este sistema cuenta con sus respectivos controles automáticos, válvulas solenoides, controles de nivel y demás accesorios. (Ver DG-2 y DG-5).





**EQUIPO :**

C-1,2    INTERCAMBIADORES  
 S.R      SALA DE REMOJO  
 TR      TANQUE RECIBIDOR DE AMONIACO  
 VE      VALVULA DE EXPANSION

**LINEAS :**

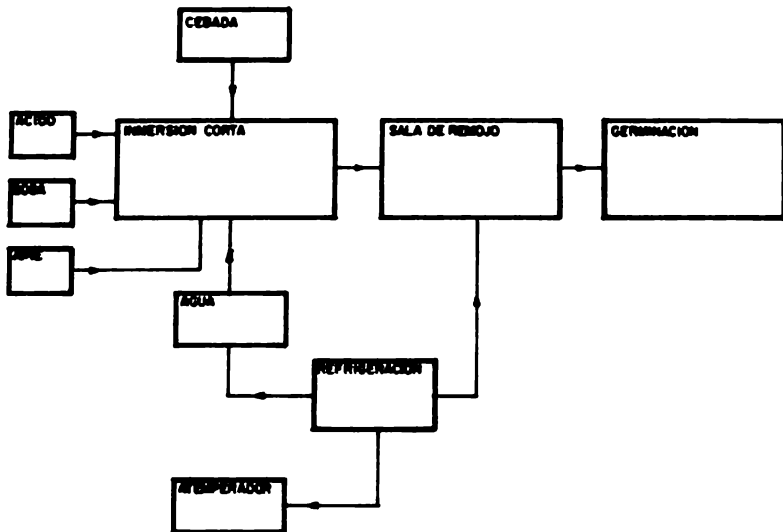
AF      AIRE FRIO  
 LA      LINEA DE AMONIACO  
 L.A.C    LINEA DE AIRE CALIENTE  
 L.A.F    LINEA DE AIRE FRIO  
 A.C      AIRE CALIENTE

**U.N.A.M.** TESIS  
**FACULTAD DE QUIMICA** PROFESIONAL

DIAGRAMA DE FLUJO DE  
 ENFRIAMIENTO DE AIRE

DG  
 2

ANTONIO LOMAS LOPEZ

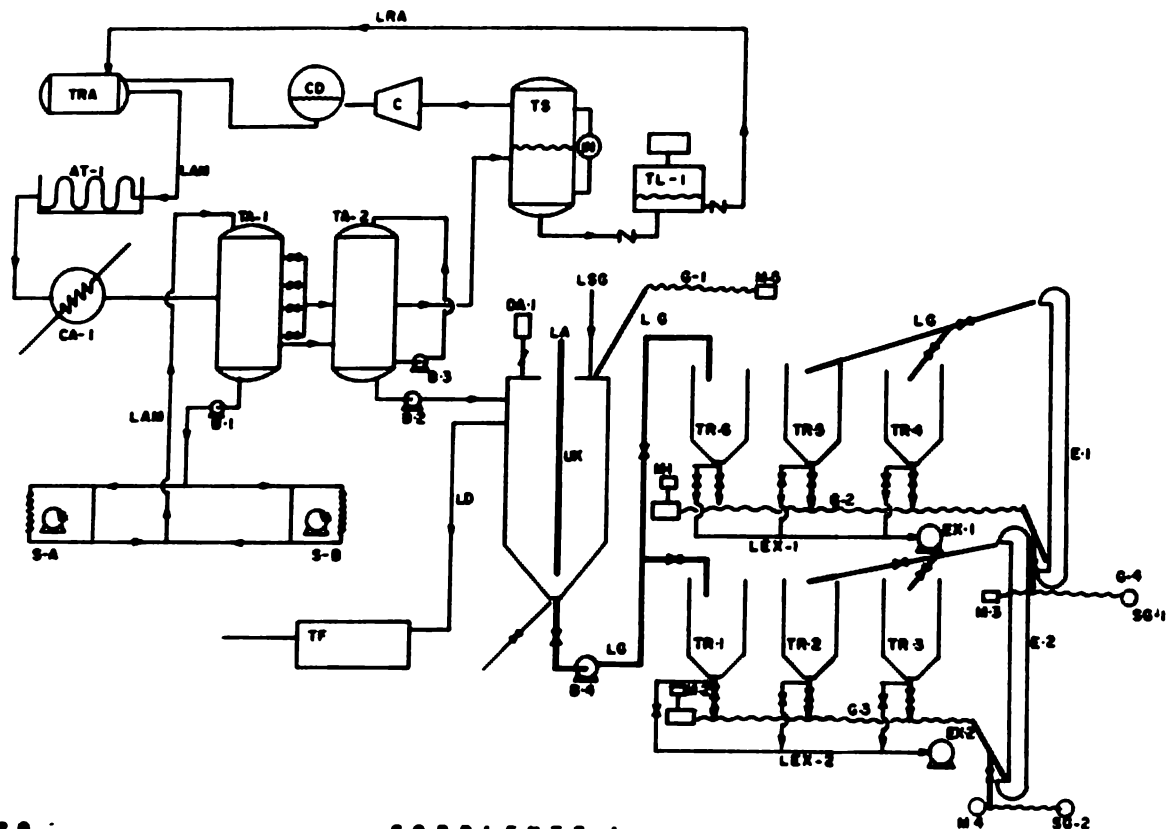


U.N.A.M. TESIS  
FACULTAD DE QUIMICA PROFESIONAL

DIAGRAMA DE BLOQUES DE REMOJO

DG:  
3

ANTONIO LOMAS LOPEZ



**EQUIPO :**

AT ATEMPERADOR  
 B BOMBA  
 C COMPRESOR  
 CA CAMBIADOR DE CALOR  
 CD CONDENSADOR  
 DA DOSIFICADOR DE ACIDO  
 G GUSANO  
 M MOTOR  
 S SALA DE REMOJO  
 TA TANQUE DE AGUA  
 TF TANQUE FLOTANTE  
 TL TRAMPA LIQUIDO  
 TR TANQUE DE REMOJO  
 TS TANQUE DE SEPARACION  
 UK UNITANK

**CORRIENTE :**

LA LINEA DE AIRE  
 LAM LINEA DE AMONIACO  
 LEX LINEA DE EXTRACCION DE CO<sub>2</sub>  
 LD LINEA DE DERRAME  
 LG LINEA DE GRANO  
 LRA LINEA DE RECIRCULACION DE AMONIACO

## 5.0. BALANCES

### 5.1. Balance de materia

El remojo de inmersión corta se efectúa de la siguiente forma:

Primeramente se colocan 28 000 lt. de agua en el unitank y por medio de un transportador de gusano se adicionan 22.5 toneladas de cebada con 9.31% de humedad inicial, seguidamente se acciona una válvula para dar paso al flujo de aire de - 14 158.2 lt/min., para agitar perfectamente el grano durante su corto período de inmersión de 6 hrs., simultáneamente se adicionan 5 kg. de sosa cáustica y al cabo de tres horas se añaden 16 kg. de ácido sulfúrico.

Al término de este corto período de inmersión se derramaron 0.7 toneladas de grano flotante y cascarrilla con un 45% de humedad y se enviaron a salas de remojo 28.4465 toneladas de grano con 30% de humedad.

#### DATOS PARA EL BALANCE DE MATERIA

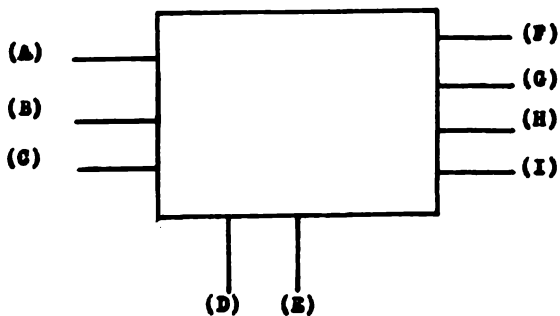
- Entrada al unitank:

- (A) 5 kg. de sosa cáustica
- (B) 22.5 toneladas de grano de cebada con 9.31% de humedad inicial.
- (C) 16 kg. de ácido sulfúrico
- (D) 14 158.2 lt/min. de aire únicamente para agitación
- (E) 28 000 lt. de agua

- Salida del unitank:

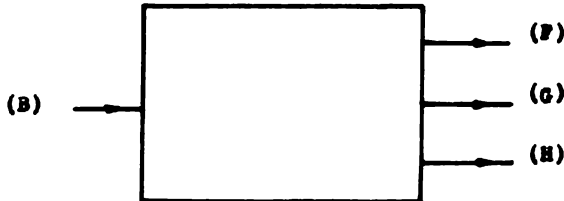
- (F) 28.4465 toneladas de grano de cebada con 30% de humedad
- (G) 0.7 toneladas de grano flotante y cascarilla con - 45% de humedad
- (H) Licor de remojo
- (I) Aire

- Diagrama general de entradas y salidas -



Balance de materia en base seca para el cálculo de sustancias disueltas en el licor de remojo (H)

- Diagrama para balance de cebada únicamente -



Cálculo de toneladas de grano en base seca introducidas al unitank:

$$(B) = (22.5 \text{ ton.}) - \frac{(22.5 \text{ ton.} \times 9.31\% \text{ hum.})}{100\%}$$

$$(B) = 20.405 \text{ toneladas}$$

Cálculo de toneladas de grano en base seca llevadas a los tanques remojadores:

$$(F) = (28.4465 \text{ ton.}) - \frac{(28.4465 \text{ ton.} \times 30\% \text{ hum.})}{100\%}$$

$$(F) = 19.2125 \text{ ton.}$$

Cálculo de toneladas de grano flotante y cascarilla de ramadas con 45% de humedad:

$$(G) = (0.7 \text{ ton.}) - \frac{(0.7 \text{ ton.} \times 45\% \text{ hum.})}{100\%}$$

$$(G) = 0.385 \text{ ton.}$$

Del diagrama de balance de cebada tenemos que:

$$(B) = (F) + (G) + (H)$$

De donde:

$$(H) = (B) - (F + G)$$

$$(H) = (20.405 \text{ ton}) - (19.2125 \text{ ton.} - 0.385 \text{ ton.})$$

(H) = 0.1075 ton. de sustancias disueltas en el licor de remojo.



## 5.2. Balace de energía

Del sistema de refrigeración:

1 Tonelada de refrigeración= 12 000 BTU

Se maneja un máximo de 40 toneladas de refrigeración (el sistema cierra y abre automáticamente dependiendo de sus necesidades).

Tomando como base de operación un día, que es el tiempo que permanece el grano en las salas de remojo.

De la cual se determina la carga de refrigeración máxima (C.R.<sub>max.</sub>).

$$C.R._{max.} = \frac{40 \text{ ton. de ref.} \times 24 \text{ hrs.} \times 12\,000 \text{ BTU}}{\text{hr.} \quad \text{día} \quad \text{ton. de ref.}}$$

$$C.R._{max.} = 11,520\,000 \text{ BTU/día}$$

Del balance de materia:

Se introducen 19.9125 toneladas de grano en base seca a las salas de remojo, de las cuales de acuerdo con la tabla -- No. I (Composición química % en base seca), tenemos un mínimo y un máximo de glucosa por metabolizar, 2.1 y 3.1 respectivamente.

- Cálculo de cantidad de calor en BTU -

A) Para un contenido mínimo de glucosa (C.M.G.)

$$C.M.G. = \frac{19.9125 \text{ ton.} \times 2.1\% \text{ de glucosa}}{100\%}$$

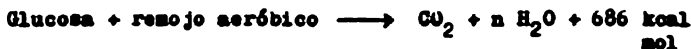
C.M.d. = 0.418162 ton. = 418162 gr.

Número de moles de glucosa por metabolizar (n)

Peso molecular (P.M.), de la glucosa = 198.12 gr/mol

$$n = \frac{418162 \text{ gr.}}{198.12 \text{ gr./mol}} = 2110.65 \text{ mol}$$

- Del proceso de remojo aeróbico (Cap. 3.2.) -



Cálculo del calor mínimo desprendido (C.M.D.), por la --  
glucosa metabolizada:

$$\text{Q.M.D.} = 686 \text{ kcal/mol} \times 2110.65 \text{ mol} = 1447907.7 \text{ kcal.}$$

$$\text{Q.M.D.} = 1447907.7 \text{ kcal.} \times \frac{1000 \text{ cal.}}{1 \text{ kcal.}} \times \frac{\text{BTU}}{252 \text{ cal.}}$$

$$\text{Q.M.D.} = 5,745 \text{ 665.5 BTU}$$

B) Para un contenido máximo de glucosa (C.Mx.G)

$$\text{C.Mx.G.} = \frac{19.9125 \text{ ton.} \times 3.1\% \text{ de glucosa}}{100\%}$$

$$\text{C.Mx.G.} = 0.61728 \text{ ton.} = 617280 \text{ gr.}$$

Número de moles de glucosa por metabolizar (n)

$$n = \frac{617280 \text{ gr.}}{198.12 \text{ gr./mol}} = 3115 \text{ mol.}$$

**Cálculo del calor máximo desprendido (C.Mx.D.), por la glucosa metabolizada:**

$$Q.Mx.D. = 686 \text{ kcal.} \times 3115 \text{ mol} = 2137387.5 \text{ kcal.}$$

$$Q.Mx.D. = 2137387.5 \text{ kcal.} \times \frac{1000 \text{ cal}}{1 \text{ kcal}} \times \frac{BTU}{252 \text{ cal}}$$

$$Q.Mx.D. = 8,481\ 696.6 \text{ BTU}$$

**- Carga mínima y máxima expresada en toneladas de refrigeración:**

$$C.Min. = 5,745\ 665 \text{ BTU} \times \frac{\text{ton de ref.}}{12\ 000 \text{ BTU}} = 478 \text{ ton. de ref.}$$

$$C. Max. = 8,481\ 696.6 \text{ BTU} \times \text{ton. de ref.} = 706.8 \text{ ton. ref.}$$

A continuación se da la tabla No. XIV, que nos describe las toneladas de refrigeración y el número de moles transformadas a glucosa, a intervalos de cada tres hrs. durante un período de 24 horas, que constituye la base de cálculo para el balance de energía y a la vez el tiempo de permanencia del -- grano en las salas de remojo.

TABLA XIV

Lectura No.	Tiempo Hrs.	BTU	Tons. de ref.	No. de moles convertidas
1	3	225 825	18.81	82.95
2	6	331 933	27.66	121.93
3	9	454 890	37.91	167.10
4	12	669 580	55.79	245.96
5	15	1,022 320	85.2	375.55
6	18	887 729	73.98	326.10
7	21	1,135 728	94.64	417.21
8	24	1,529 419	127.45	561.83
<b>TOTAL</b>		<b>6,257 424</b>	<b>521.44</b>	<b>2 298.63</b>

## 6.0. ESTUDIOS REALIZADOS

6.1. La tabla No. V, nos muestra la capacidad de absorción de agua para granos de diferente tamaño después de 88 horas de remojo.

TABLA V

Tamaño de grano (mm)	Contenido de humedad (%)	Peso de 1000 granos (gr)	Peso del agua (gr) absorbida por 1000 granos
2.9	43.7	46.3	36.0
2.8	43.4	42.6	32.6
2.7	43.6	38.8	29.7
2.6	43.7	35.0	27.3
2.5	43.7	33.7	26.7
2.4	44.7	31.5	25.5
2.3	45.6	27.4	23.0
2.2	47.8	23.7	21.8
2.1	48.9	21.3	20.0
2.0	49.0	22.0	19.2

6.2. La tabla No. VII, nos indica la reducción del agua usada en el remojo del grano, antes y después de la conversión al sistema aeróbico, practicado en cuatro variedades diferentes.

TABLA VII

Variedad	remojo anaeróbico lt/kg de grano	remojo aeróbico lt/kg de grano
A	3.47-4.35	1.91-2.26
B	4.17-6.43	1.73-2.09
C	5.04-6.08	2.09-2.78
D	3.48-5.39	1.91-2.26

6.3. La tabla No. VIII, presenta datos comparativos para cada tipo Larker A y B'

TABLA VIII

Parámetro	Humectación aeróbica		Humectación con 3 inmersiones	
	A	B	A	B
% Extracto M.F.	77.8	76.9	77.8	76.9
% E.M.F.-E.M.G.	1.4	1.3	1.3	1.2
Alfa-amilasa, 20 u	34.3	39.6	30.9	32.3
Poder diastásico	130	135	135	131
Rel. P.S./P.T.	40.9	41.2	40.7	43.6
Color, °Lov.	1.62	1.5b	1.55	1.77
Viscosidad, cp.	1.47	1.50	1.53	1.48
Crecimiento, 0-3/4, 3/4-1, sobrecrecido	7-83-10	9-79-12	12-74-14	10-72-80
Lbs/bushel	41.03	39.56	40.95	38.83
% Rendimiento	92.4	91.9	91.3	91.7

(B°) análisis ASBC

Los datos de la tabla No. VIII, son datos promedio de cuatro cebadas tipo Larker A y B', remojadas aeróbicamente y tres cebadas Larker A y B' sometidas a inmersión.

6.4. La tabla No. IX, presenta datos comparativos para el -  
malteado de cebada Conquest'

TABLA IX

Parámetro	Humectación aeróbica	Humectación con 2 inserciones
% Extracto M.F.	76.7	76.6
% E.M.F. - E.M.G.	1.5	1.3
Alfa-amilasa, 20 u	45.0	39.5
Poder diastásico	148	144
del. P.S./P.T.	40.2	40.1
Color, °Lov.	1.76	1.63
Viscosidad, cp.	1.46	1.46
Crecimiento, 0-3/4, 3/4-1, sobrecrecido	8-79-13	10-85-5
Lbs/bushel	41.2	41.0

(\*) Análisis ASBC

Los datos de la tabla No. IX, se basan en los valores --  
promedio de ocho cenadas remoñadas aeróbicamente y 38 sometidas a inmersión.

Las únicas diferencias significativas entre uno y otro -  
tipo de malta (tablas No. VIII y IX), son:



(1) Alfa-amilasa: de 10 a 20% más alta en la malta producida con el sistema aeróbico.

(2) El rendimiento es mayor en el caso del proceso aeróbico.

6.5. La tabla No. X, nos proporciona datos adicionales sobre pérdidas de extracto en el malteo.

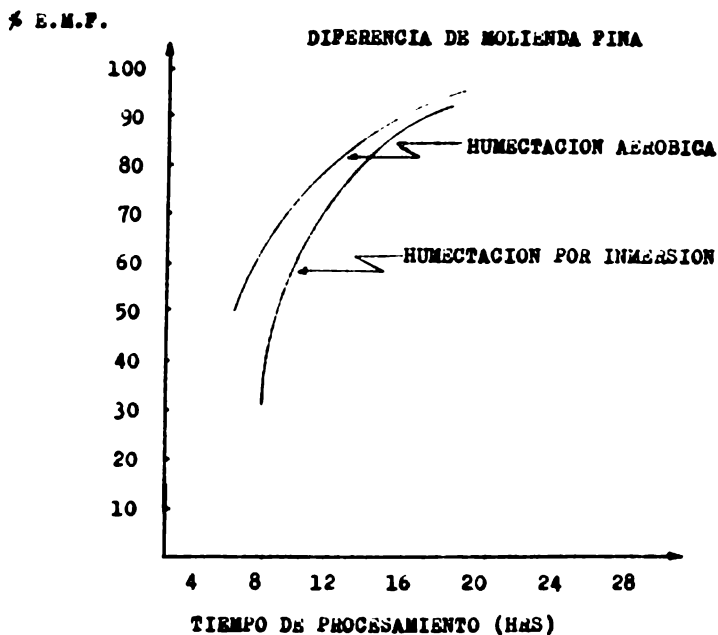
TABLA X

Variedad cebada	Humectación aeróbica		Humectación por inmersión	
	No. de pruebas	malteo %, pérdida	No. de pruebas	malteo %, pérdida
Larker A	4	7.5	5	8.7'
Larker B	4	8.1	3	8.3'
Firoline	4	7.8	10	8.3''
Klages	5	8.3	12	8.9'

(') Proceso de tres inmersiones.

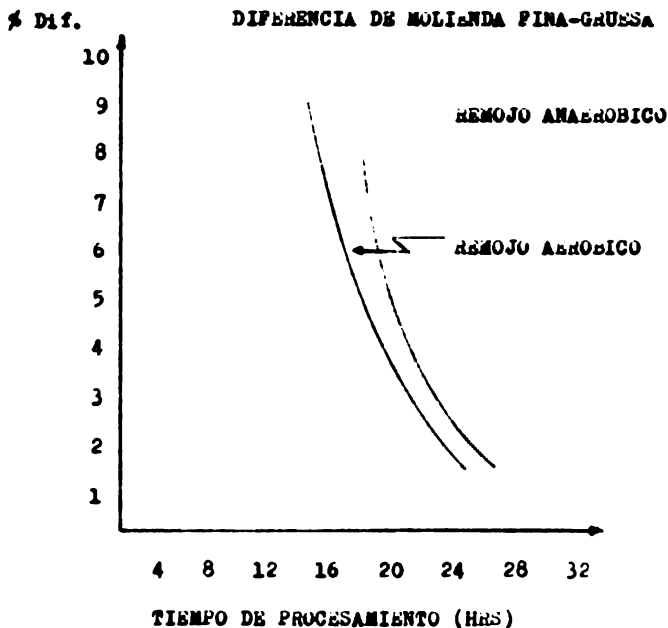
('') Proceso de cuatro inmersiones.

- b.6. La figura No. 11, nos muestra el efecto de la humectación por inmersión y la humectación aeróbica basado en la diferencia de extracto molienda fina (E.M.F.)



Tal como se mencionó anteriormente, la cebada remojada aeróbicamente comienza a crecer más temprano y se modifica más rápidamente.

6.7. En la figura No. 13, se compara el efecto de la inmersión y de la humectación aeróbica en la diferencia de molienda fina y gruesa.



Los datos de la figura No. 13, están basados en la información recogida en los últimos dos años, e ilustran la modificación más rápida que se puede obtener con el sistema de remojo aeróbico.

6.8. La tabla No. XI, nos proporciona datos comparativos sobre la cerveza producida con malteo de tipo aeróbico y por inmersión.

TABLA XI

Información de planta	Remojo aeróbico	Remojo anaeróbico
Tiempo de conversión (min.)	2	2
Tasa de filtración (gr/min)	150	130
% Rendimiento de extracto	72.6	72.2
Color del mosto luego de la cocción	3.8	3.8
pH después de la cocción	5.42	5.40
% Proteína luego de la cocción	0.68	0.68

No se pudieron observar diferencias significativas entre uno y otro tipo de cerveza.

Los datos proceden de cuatro cervezas fabricadas por - remojo aeróbico y otras cuatro por remojo anaeróbico.

o.9. La tabla No. XII, nos proporciona datos de la cerveza -  
 producida con los dos sistemas de malteado.

TABLA XII

Análisis de cerveza	Remojo aeróbico	Remojo anaeróbico
‰ Extracto real	4.55	4.60
‰ Alcohol	3.77	3.77
Grado real de fermentación ‰	61.7	4.13
Color	3.04	3.04
pH	4.17	4.13
‰ Proteína	0.37	0.39
Estabilidad de la espuma	139	134
Antovianógenos, ppm	29.3	27.4
Inestabilidad coloidal	500	475

No se observaron diferencias significativas en el sa-  
 bor y el aroma de los productos terminados.

## 7.0. ESTUDIO ECONOMICO

7.1. Estimación de costo del capital invertido

## I) Gastos directos:

- a) Para efectuar el cambio de proceso abiótico a proceso aeróbico, es necesario instalar los siguientes equipos adicionales:

- 2 Transportadores de gusano
- 2 Elevadores de cangilones
- 2 Extractores
- 2 Bombas
- 1 Unitank

## - Costo de equipo adquirido:

Costo de transportadores de gusano

Longitud	Diámetro	Costo/unidad	No.	Costo
6.7 m	.229 m	\$ 20 265	2	\$ 40 530

Actualizando costos por Marshal and Swift.

$$C_{79} = C_{77} \times \frac{I_{79}}{I_{77}}$$

$$C_{79} = \$ 40 530 \times \frac{599.4}{505.4}$$

$$C_{79} = \$ 48 068.2$$

Costo de elevadores de cangilones

Altura	Capacidad	Costo/unidad	No.	Costo
20.7 m	40 ton/hr	\$ 45 849	2	\$ 91 698

Actualizando costos:

$$C_{74} = \$ 91 698 \times \frac{599.4}{505.4} = \$ 109 000$$

## Costo de extractores

Capacidad	Tipo	Costo/unidad	No.	Costo
1.2 m <sup>3</sup> /ton/min	Centrigugo	\$ 15 337	2	\$ 30673

Actualizando costos:

$$C_{79} = \$ 30\ 673 \times \frac{599.4}{505.4}$$

$$C_{79} = \$ 36\ 388$$

## Costo de bombas

Potencia	Tipo	Costo/unidad	No.	Costo
30 H.P.	Centrifugo	\$ 67 365	1	\$ 67 365
7.5 H.P.	Centrifugo	\$ 16 841	1	\$ 16 841
TOTAL .....				\$ 84 206

Actualizando costos:

$$C_{79} = \$ 84\ 206 \times \frac{599.4}{505.4}$$

$$C_{79} = \$ 99\ 868$$

## Costo del unitank

El unitank es elaborado con material de desecho de C.C.S.A. incluyendo; oxígeno, acetileno, válvulas, acumulador de gas no flotante, bridas, etc..... \$ 288 034

Actualizando costos:

$$C_{79} = \$ 288\ 034 \times \frac{599.4}{505.4}$$

$$C_{79} = \$ 341\ 876$$

**Costo total de la compra de equipo adquirido**

2 Transportadores de gusano .....	\$ 24 348
2 Elevadores de cangilones .....	\$ 108 753
2 Extractores .....	\$ 36 388
2 Bombas centrifugas .....	\$ 99 868
1 Unitank .....	\$ 341 876
<b>TOTAL .....</b>	<b>\$ 611 233</b>

b) Costo de instalación de equipo incluyendo: aislante y --  
pintura.

$$\$ 611\ 233 \times 0.39 = 238\ 380.9$$

c) Costo de instalación eléctrica (motores, arrancadores, -  
alambrado, etc.).

$$\$ 611\ 233 \times 0.15 = \$ 91\ 685$$

d) Costo de compra e instalación de tubería.

$$\$ 611\ 233 \times 0.31 = \$ 189\ 482.2$$

e) Costo de estructuras y auxiliares (escaleras, protecto--  
res del unitank, escaleras, etc.).

$$\$ 611\ 233 \times 0.10 = \$ 61\ 123.3$$

f) Costo de terreno (El unitank y sus accesorios ocupan un  
área de trabajo de  $60\ m^2$ , con un costo de  $\$ 525/m^2$ )

$$\$ 525/m^2 \times 60\ m^2 = \$ 31\ 500$$

g) Costo de preparación del terreno.

$$\$ 611\ 233 \times 0.06 = \$ 36\ 674$$



Total de costos directos ..... \$ 1, 260 078.4

**II) Costos indirectos**

**a) Costos de ingeniería y construcción:**

\$ 1, 260 078.4 X 0.32 = \$ 403 335.1

**b) Costo de maniobras de contratistas:**

\$ 1, 260 078.4 X 0.5 = \$ 630 039.2

**c) Costo de contingencias:**

\$ 1, 260 078 X 0.10 = \$ 126 600.8

Total de costos indirectos ..... \$ 1, 159 865.1

**III) Capital invertido fijo (costos directos + costos indirectos)**

..... \$ 2, 419 943.5

**IV) Capital circulante**

\$ 2, 419 943.5 X 0.15 = \$ 362 991.5

**V) Capital total invertido (capital invertido fijo + capital circulante)**

..... \$ 2, 782 935

## 7.2. Estimación de costo total del producto

### I) Costos de manufactura:

- Directos de producción-

#### a) Costo de materias primas:

Cebada: \$ 4000/ton X 7.5 ton X 23 días/mes = \$ 690 000

Acido sulfúrico:

\$240/kg X 0.71 kg/ton X 7.5 ton X 23 días/mes = \$ 29 394

Hidróxido de sodio:

\$170/kg X 0.22 Kg/ton X 7.5 ton X 23 días/mes = \$ 6 451

Acido giberélico:

\$25/gr X 0.26 gr/ton X 7.5 ton X 23 días/mes = \$ 1 121

Bromato de potasio:

\$1.3/gr X 17.7 gr/ton X 7.5 ton X 23 días/mes = \$ 3 969.2

Total de costos de materia prima ..... \$ 730 935.7

#### b) Costo de mano de obra:

Se incrementa el personal obrero, una persona por turno -  
(3 turnos por día), con salario de \$ 10 668/mes, más \$505  
adicional a sus salarios, obtenermos:

Costo por salario de operarios ..... \$ 38 064

c) Costo de mantenimiento, refacciones y reparaciones:		
\$ 611 233 X 0.03	.....	\$ 18 336.9
d) Costo por cargo de laboratorio:		
\$ 38 064 X 0.20	.....	\$ 7 612.8
e) Costo de servicios planta:		
\$ 730 935.7 X 0.08	.....	\$ 58 474.9
Total de costos directos de producción		\$ 853 424.3

- Costo de cargos fijos -

a) Costo de depreciación:		
\$ 611 233 X 0.09	.....	\$ 55 011
b) Costo de impuesto regional:		
\$ 611 233 X 0.02	.....	\$ 12 224.7
c) Costo de aseguranza:		
\$ 611 233 X 0.01	.....	\$ 6 112
Total de cargos fijos		\$ 73 347
Total de costos de manufactura (costos directos de producción + cargos fijos) .....		
		\$ 926 771.3

II) Costos de gastos generales

a) Costo de administración:

(20% de mano de obra, mantenimiento y reparaciones)

\$ 110 662.3 X 0.20 ..... \$ 22 132

b) Costo de investigación:

\$ 611 233 X 0.10 ..... \$ 63 123.3

Total de gastos generales ..... \$ 85 255.3

III) Costo total de producto ( costo de manufactura + costo  
de gastos generales) ..... \$ 1,012 026.6

7.3. Costo de transferencia

Precio de venta (P.V.)

P.V. = 
$$\frac{(\$2,419 943.5 \times 0.3) + (\$1,012 026.6/\text{mes} \times 12 \text{ mes/año})}{7.5 \text{ ton/día} \times 23 \text{ día/mes} \times 12 \text{ mes/año}}$$

P.V. = \$ 6 217/ton

#### 7.4. Ventas y utilidades

Las ventas mensuales serán:

7.5 ton/día X \$ 6 217/ton X 23 días/mes ..	\$ 1,072 432.5
menos costo de producción .....	\$ 1,012 026.0
Utilidad antes del impuesto .....	\$ 60 405.9
menos impuesto sobre la renta (42%) .....	\$ 25 370.5
menos reparto de utilidades (8%) .....	\$ 2 802.4
Utilidad mensual .....	\$ 32 233

#### 7.5. Tiempo de recuperación de inversión

Se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$T = \frac{Af}{U_1 r + (0.1 Af)}$$

T = Tiempo de recuperación de inversión

Af = Activo fijo equivalente a \$2,419 943.5

$U_1$  = Utilidad obtenida por unidad de producción

r = Ritmo de producción

Cálculo de r:

$$r = 172.5 \text{ ton/mes} \times 12 \text{ meses/año} = 2070 \text{ ton/año}$$

Cálculo de  $U_1$ :

$$7.5 \text{ ton/día} \times 23 \text{ días/mes} = 172.5 \text{ ton/mes}$$

$$\text{Utilidad mensual} = \$ 32\,233$$

$$U_1 = \frac{\$ 32\,233/\text{mes}}{172.5 \text{ ton/mes}} = \$ 186.85/\text{ton.}$$

Cálculo del tiempo de recuperación:

$$T = \frac{2,419\,943.5}{186.85 \times 2070 + (0.1 \times 2,419\,943.5)}$$

$$T = 3.8 \text{ años}$$

Haciendo la conversión correspondiente, encontramos que el tiempo de recuperación de inversión es equivalente a 46.18 meses.

## 8.0. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- 1) La cebada recién cosechada debe permanecer almacenada por lo menos por un período de tres meses con motivo de eliminar -- así el dormancy del grano y a la vez abatir la sensibilidad al agua, evitándose de esta manera gastos y riesgos innecesarios, obteniéndose a la vez una malta más friable.
- 2) El proceso anaeróbico para producir malta friable se ha llevado a cabo durante muchos años y el tiempo de permanencia -- en sala de remojos oscilaba entre 36-38 horas. Las presentes modificaciones se hicieron con el fin de reducir el tiempo de permanencia en sala de remojo de 6 a 8 horas por proceso, y así disminuir el tiempo de producción.
- 3) Cuando el grano que se esta remojando es continuamente aireado, el consumo de oxígeno y la emisión de bióxido de carbono se elevan considerablemente durante el remojo, en ausencia -- de abastecimiento de oxígeno, el embión del grano respira -- anaeróticamente produciendo bióxido de carbono, ácido láctico, algunos esteres y alcohol, pudiendo éste último inhibir la germinación del grano, dependiendo del grado de anaeróbisis.
- 4) El remojo aeróbico fue implantado y es practicado actualmente en varias fábricas de malta. Comparado con el proceso -- convencional de remojo por inmersión, éste proceso ha reducido el consumo de agua de 3.47-6.43 litros por kilogramo de -

cebada remojada hasta 1.73-2.78 litros por kilogramo de cebada remojada, redujo la demanda de oxígeno biológico (B.O.D.) de un rango de 0.2-0.5 originalmente, hasta 0.1-0.2 libras - por bushel de cebada remojada, disminuyó el tiempo de remojo arriba de 6 horas, e incrementó la recuperación de malta -- arriba de 1%, conservando o mejorando la calidad de malta -- así producida.

- 5) En el remojo aeróbico se encontró que la concentración de enzima alfa-amilasa es de 10-20% superior al remojo anaeróbico. Así mismo la cebada remojada aeróbicamente comienza a crecer más temprano y se modifica más rápidamente.
- 6) En estudios comparativos sobre cerveza producida con malteo de tipo aeróbico y anaeróbico no se encontraron diferencias significativas con respecto a los diferentes parámetros de control de calidad, entre ellos; tiempo de conversión, tiempo de filtración, % rendimiento de extracto, color del mosto pH, % de proteína, % alcohol, grado real de fermentación, -- estabilidad de la espuma e inestabilidad coloidal.
- 7) Dentro de los equipos adicionales que se requieren instalar para transformar de sistema de remojo anaeróbico a remojo aeróbico se encuentra el unitank el cual es elaborado con material de desecho de C.C.S.A., lo que trae como consecuencia -- que nuestro activo fijo invertido sea relativamente bajo.



- 8) Tomando en cuenta que el presente trabajo sugiere una pequeña modificación y ampliación sobre la planta en la sección de remojos, los ahorros así generados son múltiples con respecto a; estructuras, terreno, tuberías, líneas de aire, agua y eléctricas.
- 9) Con el presente trabajo realizado se incrementó la calidad del producto, así como los beneficios económicos al vender el producto terminado, el tiempo de recuperación de inversión es de 3.8 años, obteniéndose así una alta rentabilidad para los inversionistas.

En base a las conclusiones anteriores se recomienda:

- 1) La cebada recién cosechada destinada a las malterías deberá someterse a un riguroso análisis de control de calidad a la reciba, en el cual se determinen los siguientes parámetros; variedad del grano, % de humedad, impurezas, calidad, grano flotante, grano pelón y/o quebrado, mezclas de cebada, germinación vitascopio y olor del grano. Dependiendo del resultado de estos parámetros se determinan los castigos en base a los estándares establecidos por I.A.S.A.
- 2) Todo grano de cebada destinado a ser remojado debe ser primariamente limpiado de impurezas utilizándose para esto máquinas cribadoras las cuales contienen mallas de diferentes dimensiones entre ellas; (7.5/64, 10/64, 6/64, 5.5/64, 4.5/64)

todas por (3/4). Debido a la diferencia tan acentuada en la absorción de agua por granos de diferentes tamaños, se recomienda clasificarlos de acuerdo a esta característica y remojarlos por separado.

- 3) Durante la duración del tiempo de remojo se recomienda efectuar pruebas de control de calidad sobre determinación de extracción de dióxido de carbono en los tanques de remojo con el fin de evitar la respiración anaeróbica del grano y por consiguiente la formación de compuestos indeseables.
- 4) Es recomendable tener especial cuidado en las últimas 18 horas de permanencia del grano en los tanques remojadores, - puesto que la hidratación del grano es una reacción exotérmica, por tal motivo deberán efectuarse lecturas de temperatura a intervalos de 2 horas para así determinar si existen la formación de puntos calientes y de este modo poder programar los volteos y riegos del grano adecuados.
- 5) El parámetro de pH es sumamente importante en la producción de maltas de cebada, por tal motivo durante el lavado del grano se recomienda determinar dicho parámetro a intervalos de 20 minutos y así determinar la cantidad adecuada de hidróxido de sodio y ácido sulfúrico requeridos.

## 9.0. GLOSARIO DE TERMINOS

- Acame: Inclinación prematura de la espiga.
- Aerobio: Se aplica al ser vivo que necesita el aire para vivir.
- Alfa-amilasa: Enzima conocida tradicionalmente como  $\alpha$ -D-(1 $\rightarrow$ 4)-glucán-4-glucanohidrolasa capaz de hidrolizar la alfa-amilosa a lo largo de su cadena de tal modo que rinde finalmente una mezcla de glucosa y maltosa.
- Alfa-amilosa: Está constituida por cadenas largas no ramificadas, en las que todas las unidades de D-glucosa se hallan unidas mediante enlaces  $\alpha$ (1 $\rightarrow$ 4). Las cadenas son polidispersas y varían en peso molecular desde unos pocos cientos hasta 500 000. La amilosa no es verdaderamente soluble en agua, pero forma micelas hidratadas que dan un color azul con el iodo.
- Almidón: Polisacárido que se encuentra en dos formas, --amilosa y amilopectina.
- Amilopectina: Está muy ramificada; las ramificaciones se hallan constituidas por unas 12 unidades de glucosa y aparecen, por término medio, cada doceavo resto de glucosa. Los enlaces glucosídicos del esqueleto son  $\alpha$ (1 $\rightarrow$ 4), pero los puntos de ramificación son enlaces (1 $\rightarrow$ 6). La amilopectina produce también disoluciones coloridas o micelas, que dan coloración rojo-violácea con iodo. Su peso molecular puede llegar a un millón.

- Beta-amilasa: Enzima designada con más precisión como  $\alpha$  (1—4)-glucán maltohidrolasa. Está presente en la -- malta, libera unidades sucesivas de maltosa comenzando -- por el extremo no reductor.
- Cisteína: Son cadenas de aminoácidos las cuales consti-- tuyen las proteínas.
- Citocromos: Son un grupo de ferroproteínas transferido-- ras de electrones en las células aerobias.

Los citocromos experimentan cambios de va-- lencia reversible, durante su ciclo catalítico.

- Dormancy: Baja energía germinativa debido al estado me-- tabólico inactivo del embrión.
- Dextrinas: Son polisacáridos de longitud de cadena in-- termedia que se forman durante la acción de la amilasa.
- Friable: Modificar su estructura.
- Fosforilasa: Enzima localizada en las plantas y a la -- cual se debe que las unidades D-glucosa penetren en la -- secuencia glucolítica.
- Fructosa: Al igual que la glucosa y galactosa su estruc-- tura corresponde a una hexosa, la cual puede formar poli-- sacáridos.
- Glucanos: Polisacáridos que difieren en la naturaleza de -- sus unidades monosacáridas repetidas, y en el grado de -- ramificación.

- Glucosa: Unidad básica en la estructura de los polisacáridos (almidón).
- Hemicelulosa: Se encuentra en las paredes celulares de las plantas, y no se encuentra relacionada estructuralmente con la celulosa, sino que son polímeros de D-xilosa y cadenas laterales de arabinosa y otros azúcares.
- Hormonas: Son segregadas por algunas glándulas, y actúan como mensajeros químicos que estimulan o inhiben las actividades metabólicas específicas en otros tejidos u órganos.
- Maltosa: Disacárido muy común que se forma como producto intermedio en la acción de las amilasas sobre el almidón.
- Mitosis: División de la célula donde el núcleo conserva el mismo número de cromosomas.
- Nucleótidos: Son esteres fosfóricos de los nucleósidos, en los que el ácido fosfórico esterifica a uno de los -- grupos.
- Péptidos: Moléculas proteicas formadas por restos de aminoácidos que se hallan unidos covalentemente entre si -- formando largos polímeros no ramificados. Están unidos en una ordenación de cabeza a cola mediante uniones amida sustituidas.
- Rafinosa: Trisacárido en estado libre (fructosa, glucosa y galactosa).

- Transaminasas: Enzimas ubicadas en el mitocendrios. Las transaminasas desempeñan en el metabolismo del grupo amino un papel análogo al de los enzimas que transfieren fofato en el ciclo energético de la célula.

**10.0. BIBLIOGRAFIA**

- 1) **Aries & Newton**  
**Chemical Engineering Cost Estimation**  
**Mc. Graw Hill Book Company**
- 2) **Harley**  
**D.E. Briggs**  
**1978**  
**Ed. Chapman and Hall**
- 3) **Brewer Digest**  
**Feb. 1979**  
**Chicago Illinois, Ed UU (43822-2)**
- 4) **Bioquímica**  
**Las bases moleculares de la estructura y función**  
**celular.**  
**Albert L. Lehninger**  
**Ed. Omega S. A.**
- 5) **Bioquímica**  
**Dr. Milton Toperek**  
**2da. edición**  
**Ed. Interamericana**
- 6) **Cebada y cerveza**  
**Manual de cultivo**  
**José Ferrán Lamich**  
**Ed. Aedos Barcelona**

- 7) **Chemical Engineering**  
A. Mc. Graw Hill  
Nov. 17, 1980
- 8) **John M. Perry**  
**Chemical Engineering Handbook**  
Mc. Graw Hill Book Company
- 9) **Chemical Engineering**  
**Planta Design and Economics**  
3 ra. Edición  
Max. S. Peters  
Mc. Graw Hill
- 10) **La cebada maltera de riego**  
Impulsora Agrícola, S. A.  
Ing. Gil Olmos Barrera (1979)
- 11) **La cebada maltera de temporal**  
Impulsora Agrícola, S. A.  
Ing. Gil Olmos Barrera (1978)
- 12) **Methods of Analysis**  
Association of Official Analytical Chemists  
11 ed. 1970
- 13) **Modern Brewery Age**  
A new Steeping, Art. Dic. 1979  
Brewery Publication



- 14) Robert E. Treybal  
Mass transfer Operation  
Mc. Graw Hill Book Company  
1968
- 15) The Practical Brewer  
Master Brewers Association of Americans  
Impresions Inc.  
1977
- 16) Selección y cálculo de transportadores de gusano  
Wire y Machuca  
Catalogo No. 1  
1968
- 17) Warren L. Mc. Cabe & C. Smith J.  
Operaciones básicas de Ingeniería Química (Vol.11)  
Ed. Mervete  
1969