

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

Facultad de Ingeniería Química y Manufacturera



**Acción del Acido Giberálico sobre las
Enzimas en la Elaboración de
la Malta**

T E S I S

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE
INGENIERO QUIMICO**

PRESENTADO POR

JESUS VICTORIA MANRIQUE LAZO

LIMA - PERU

1992

INDICE

1. Introducción
 - 1.1 Planteamiento del problema.
 - 1.2 Conclusiones.

2. Descripción de la materia prima.
 - 2.1 Variedades de cebada.
 - 2.2 Características de la cebada cervecera.

3. Proceso de Malteado.
 - 3.1 Malta: Definición.
 - 3.2 Descripción del proceso.
 - 3.2.1 Remojo.
 - 3.2.2 Germinación.
 - 3.2.3 Secado.
 - 3.3 Efectos del ácido giberélico.
 - 3.3.1 Definición.
 - 3.3.2 Usos.

3.3.3 Acción del ácido giberélico en el
proceso de malteado.

3.3.4 Control de Calidad.

4. Evaluación del ácido giberélico en el proceso.

4.1 Cebada Nacional.

4.2 Cebada Importada.

5. Resultados.

6. Discusión.

7. Resumen.

8. Bibliografía

9. Apéndice

1. INTRODUCCION

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La inquietud principal es reducir cada vez más, los costos de proceso en la obtención de malta. Una de las formas que se ha venido ensayando últimamente es el acortar el tiempo de proceso, lo que ha su vez originará una mayor productividad. El uso de aditivos en el proceso germinativo es cada vez más frecuente en cebadas, cuya modificación requiere de tiempos prolongados (más de 6 días).

Para este caso, el uso del ácido giberélico como catalizador, debe justificar, según su concentración, la reducción del tiempo en el proceso de malteado, manteniendo o mejorando las características de la malta en su análisis final. Por eso se ha creído conveniente realizar el ensayo de micromalteo con cebada nacional de 2 y 6 hileras y con cebada importada.

Como referencia se puede decir que la cebada nacional se trabaja de 8 a 9 días (considerando las tres etapas de malteado) y se espera, con el uso del ácido giberélico acortar el tiempo en un día, pero tratando de mantener las mismas características como producto final. En el caso específico de la cebada nacional de 6 hileras, cuya modificación requiere de

tiempos prolongados (7 días de germinación), se espera, si bien, no disminuir el tiempo, al menos mejorar sus características cerveceras.

En el ensayo con la cebada importada, se pretende demostrar que la dosis correcta de ácido giberélico, puede reducir el tiempo de proceso; queda decisión del maltero la cantidad adecuada de ácido giberélico que debe utilizarse, en función al tipo de malta que se desea obtener.

1.2 CONCLUSIONES

En concordancia a lo observado, se puede apreciar que en todos los casos, la cebada que se trató con ácido giberélico presenta una mayor modificación, la que se manifiesta en cada uno de los parámetros que a continuación se detallan:

ANALISIS QUIMICO:

- Mayor aroma en el macerado
- Grado de claridad más acentuado
- Aumento en el color del mosto
- Disminución en la diferencia de pesos de los extractos de molienda fina y molienda gruesa, lo cual

indica una mejor disgregación.

- Crecimiento considerable en la cantidad de nitrógeno soluble lo que a su vez conduce a un aumento en el índice de Kolbach.
- Incremento en la acidez del mosto, lo que indica mayor presencia de aminoácidos como consecuencia de lo anterior.
- Disminución de la viscosidad del extracto por lo tanto menores posibilidades de dificultad en el filtrado en la cervecería.

ANALISIS FISICOS:

- Mayor pérdida de peso como consecuencia de una mayor respiración en el grano y por lo tanto un mayor consumo de sus reservas, la misma que se manifiesta con un menor valor en el peso de los mil granos y en el peso hectolítrico.
- Uniformidad en el crecimiento del germen.
- Mayor porcentaje de harinosidad en el estado del endospermo

Para los ensayos con la cebada UNA 80 se concluye que es indispensable el uso del ácido gibbélico en 0,1 ppm, pues si bien el tiempo de proceso es el mismo, hay una notable mejoría en la calidad de la malta. No se recomienda la dosis de 0,2 ppm por el

incremento exagerado del color que está en desacuerdo con las normas dadas para el tipo de cerveza que se produce en el país.

En cuanto a la variedad Yanamuclo Huancayo también se recomienda el uso del ácido giberélico en una dosificación de 0,1 ppm ya que se tienen mejores resultados como malta; la dosificación de 0,2 ppm no es recomendable debido al aumento exagerado del color.

Al utilizar el ácido giberélico en una cebada netamente cervecera como lo es la Australiana se llega a la conclusión de que es indispensable su uso en una dosis de 0,1 ppm para un período de germinación de 4 días ya que los resultados obtenidos son muy similares a la prueba en la que no se usó ácido y se le dió un tiempo de germinación de 5 días, justificándose de ésta manera su utilización.

2. DESCRIPCION DE LA MATERIA PRIMA

ASPECTOS GENERALES:

Se denomina vulgarmente cebada a la *Hordeum Vulgare*. Botánicamente es una Antófito, Angiosperma, Monocotiledónea, Glumíflora, Gramínea de la tribu *Hordeus*, a la que también pertenecen el trigo y el centeno (1)

Parece que la cebada se originó en Etiopía donde se encuentran las especies salvajes *Hordeum Spontaneum*.

2.1 VARIEDADES DE CEBADA

Como resultado de los continuos cruces, las variedades de cebada existentes en la actualidad son prácticamente innumerables; la clasificación más común es la de dos y seis hileras según el número de filas del grano que salgan de la espiga.

Las cebadas de dos hileras (*Hordeum Distichum*) son las preferidas en cervecería por cuanto al tener los granos más desarrollados dan mayor extracto, además su cáscara más delgada y su germinación vigorosa, contribuyen en todo ello.

Las cebadas de seis hileras (*Hordeum Hexas-*

chum) son de cáscara más gruesa y de menor tamaño, ello significa un menor extracto y modificación física y química algo lenta (2).

En maltería solo se utilizan las llamadas cebadas cerveceras. En esta industria la cebada debe presentar indudables ventajas con respecto a cualquier otro grano. Su cáscara pajosa no es removida por el trillado y protege al embrión durante el malteado; además las cáscaras forman una capa porosa que facilita el filtrado del mosto (3).

Otra ventaja es que la cebada se da prácticamente en todos los climas; se siembra tanto en los cálidos valles costeros como a las orillas del lago Titicaca.

En Maltería Lima S.A. se trabaja tanto con cebada importada como nacional.

VARIEDADES DE CEBADA NACIONAL (2)

- a. UNA 80 : 6 hileras.
- b. Yanamucllo : 2 hileras.

VARIEDADES DE CEBADA IMPORTADA (2):

Generalmente se procesan cebadas de dos hileras las que tienen diferente procedencia, tales como:

- a. Clipper (Australia).
- b. Stirling (Australia).
- c. Schooner (Australia).

d. Triumph (Nueva Zelandia).

e. Pleasant (Francia)

2.2 CARACTERISTICAS DE LA CEBADA CERVECERA:

El grano de cebada consta de tres partes: cáscara, endospermo y embrión.

La cáscara está formada por tres estratos superpuestos: la gluma, el pericarpio y la testa. La capa interna, es decir, la testa es solo permeable al agua y durante el remojo no permite el paso de sales u otros compuestos (4).

El endospermo está compuesto por células de almidón envueltas en hemicelulosas y nutre al embrión durante su desarrollo (4).

El embrión llamado también germen, es la vida latente en la cebada que formará la futura planta. Está separado del endospermo por una membrana llamada epitelio; del embrión brotan la raíz y la plúmula, separada del endospermo por una membrana denominada scutellum (4).

COMPOSICION QUIMICA DE LA CEBADA:(4)

La composición química de una cebada promedio es la siguiente:

Almidón	57 %
Proteínas	9 %
Pentosanas	8 %
Lípidos	2,5%
Celulosa	4,3%
Sales minerales	2,6%
Varios	5,6%
Agua	11 %

	100 %

El almidón es el componente más importante en el grano de cebada pues representa el 80% del extracto. Se encuentra en el endospermo guardado en unas bolsitas o gránulos constituidos por hemicelulosa y una cierta cantidad de fosfatos, materias nitrogenadas y gomas. El diámetro de estos gránulos puede variar de 1 a 30 micras (4) .

El nitrógeno y las proteínas están íntimamente ligados y guardan la proporción:

$$\text{PROTEINAS} = 6,25 \times \% \text{ de Nitrógeno}$$

La proporción de proteínas varía aproximada-

mente de 9% a 14% según la clase de cebada cervecera. Su función en la cerveza es producir la espuma.

La cebada contiene otros carbohidratos como: celulosa, pectinas, gomas y azúcares. En pequeñas cantidades se encuentran presentes lípidos, cenizas (compuestos de Potasio, Fósforo, Calcio, Sílice, Magnesio, Sodio, Hierro, Azufre), materias nitrogenadas (taninos, fitina, materias colorantes y ácidos) y enzimas (5)

En resumen, se dirá, que una variedad de cebada de alta calidad maltera debe poseer una serie de características físicas y bioquímicas. Entre las primeras se cuentan: un grano grueso y redondeado de tamaño uniforme, de color amarillo claro, con una cascarrilla (glumillas) fina y rizada y libre de infecciones de microorganismos. Entre los bioquímicos: baja capacidad de letargo y buena capacidad de absorción de agua. Debe ser capaz de germinar uniformemente y en un tiempo mínimo, produciendo la máxima cantidad de malta posible por unidad de peso de cebada (6)

3. PROCESO DE MALTEADO

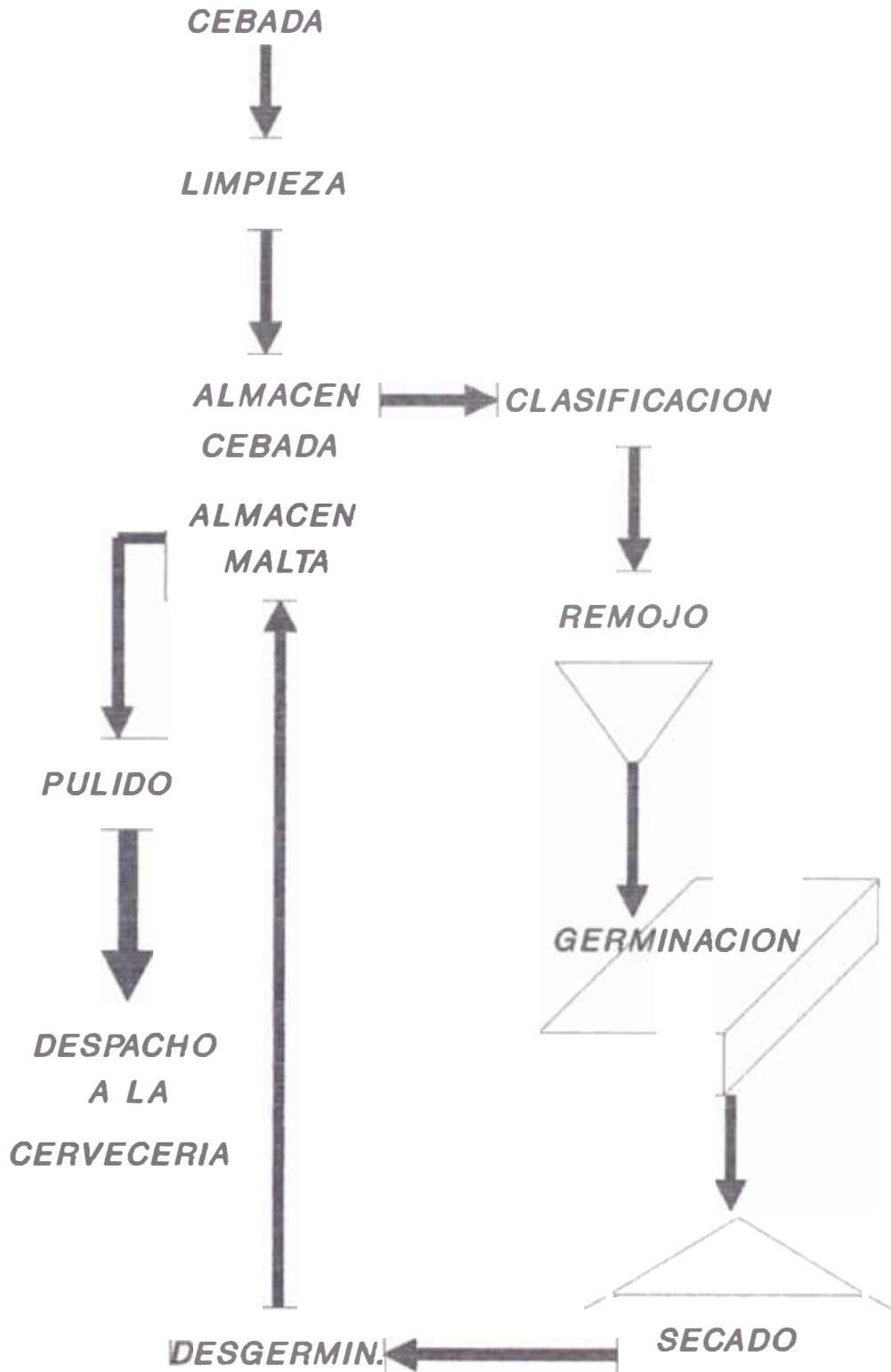
3.1 MALTA : DEFINICION.

Se llama malta a los granos de cereales que han sido sometidos a un proceso de remojo, germinación y secado. Al proceso en sí se le conoce con el nombre de malteado (7).

Para obtener un mayor extracto se debe previamente remojar, germinar y secar la cebada. Los dos primeros procesos se dan principalmente para desarrollar o activar sistemas de enzimas, como las amilasas (diastasis) ; el tercero produce el cese de los anteriores sin alterar las propiedades enzimáticas de la malta así producida y que son importantes para sus usos comerciales posteriores (5).

La fabricación de cerveza consiste, en esencia, en producir, mediante infusión de la harina de malta, un mosto azucarado, que posteriormente lupulado, fermentará por acción de la levadura.

DIAGRAMA DE OPERACIONES



3.2 DESCRIPCION DEL PROCESO

3.2.1 REMOJO

Es la operación físico-química-biológica, que tiene como objeto principal suministrar al grano, por absorción, la humedad indispensable y necesaria para que el mismo comience su desarrollo vital. La actividad biológica del grano se inicia en el preciso instante en el que el mismo es introducido en el agua (5)

ASPECTOS GENERALES:

Inicialmente la cebada contiene una cantidad de agua de constitución de 10% a 14% por término medio pero, insuficiente para el desarrollo del embrión, que en estas condiciones permanece en reposo (**vida latente**). Al absorber el grano agua, se inicia el movimiento de las partículas coloidales situadas en la zona esponjosa embrionaria, cuyo desenvolvimiento se produce por asimilación de las sustancias de reserva de aprovechamiento directo o de las transformadas en asimilables por hidrólisis enzimática; las células de las raicillas se alargan, las hojillas de la plúmula entran en movimiento y crecen. Se inicia en fin los procesos que han de completarse en la posterior fase de

germinación (5).

El primer signo de la aparición de vida es el fenómeno de la enérgica respiración de anhídrido carbónico (CO_2) y vapor de agua (H_2O) como productos finales. Para la continuidad normal de la misma es preciso suministrar a la masa en remojo el oxígeno necesario, lo cual se logra por fuerte agitación con aire comprimido. La carencia de aire da lugar a una respiración de carácter intramolecular, con formación de productos de oxidación intermedios nocivos, primeramente para el desarrollo del germen y al final para su propia existencia (5).

La fijación del agua por el grano no se alcanza por imbibición aunque se encuentre el mismo en el seno del agua. Ello es debido a que, por constitución, la "testa", actúa como membrana semipermeable permitiendo la entrada del agua, pero no la dispersión en la del remojo, de los constituyentes solubilizables que encierra (5).

El agua se introduce principalmente por el pincel o cepillo dorsal y parcialmente por las envolturas o grumillas; posteriormente, asciende por las tráqueas situadas entre el pericarpio y la testa, lentamente en una saturación de célula en célula. Una vez sobresaturada la zona esponjosa del embrión, cesa la absorción, ya que la penetración del agua en el endospermo se realiza muy despacio, dada la naturaleza

compacta de la almendra. Por ésto, es conveniente dejar periodicamente el grano al descubierto, lo que se conoce como remojo alterno, con lo que se favorece, la nivelación del agua en su seno, aunque no de modo total (5).

La rapidez de la humectación es función de la temperatura: fría, la retarda; caliente, la acelera. Un exceso de temperatura puede ser causa de una actividad bacteriológica mayor; con los consiguientes peligros de fetidez, putrefacción, etc. Debe, pues, corregirse con una mayor aireación para provocar una respiración más enérgica (5).

La condición vítrea o farinácea así como el tamaño del grano influyen en la velocidad de absorción. De aquí que para lograr un remojo uniforme deban usarse en el mismo, cebadas perfectamente calibradas (5)

Los sistemas de remojo en estos días son de corta duración. Considerando los conocimientos recientes sobre la sensibilidad de las cebadas actuales al agua que se tienen y el hecho evidente de que es siempre factible corregir un remojo de corta duración y no cuando este se prolongó en demasía; la tendencia actual es efectuar esta etapa de malteado en el tiempo imprescindible hasta alcanzar una humedad a la cual el desarrollo de la germinación pueda cumplirse satisfactoriamente y también en el menor plazo posible (3).

A temperaturas del orden de los 18º a 20º el tiempo de remojo no es mayor de las 24 horas de los cuales un 50% aproximadamente, corresponde a los desencubados (3).

Como al remojar la cebada sobrevendrá un creciente aumento de CO₂ producido por la activación de la respiración de los granos, será necesario proceder a la eliminación de este, que de otra manera produciría una perturbación en la germinación, esto se hace mediante unos extractores de CO₂ y con inyección de aire (3).

Si se desarrolla la curva de absorción, podrá observarse que la humectación hasta un 40% se hace más rápidamente pero que a partir de esta cifra la absorción deviene más lenta, es aquí cuando a tiempos prolongados corresponde pequeños incrementos de humedad y también es aquí donde aparece el riesgo de asfixia de la parte vital del grano de cebada. Por esto es mejor mantenerse por debajo de la humedad crítica y no sobrepasarla, luego se podrá retocar este valor en las salas de germinación, **de considerarse** necesario. Hay que tener en cuenta que la tensión de **vapor existente** en ella va a elevar gradualmente la humedad higroscópica en un 2% a 3% aproximadamente (3).

El agua bacteriológicamente pura ha de ser, en cuanto a su composición química se refiere, de naturaleza calcáreo magnésica o alcalina y de dureza me-

dia. La presencia de estas sales, preferentemente en forma de bicarbonatos, insolubilizan por neutralización los taninos que restan fijos a las envolturas a la vez que eliminan por solución (color pardo amarro-nado de las primeras aguas de lavado), materias colorantes y resinas amargas, responsables del olor a "paja" del grano (5).

Las envolturas además de resinas y taninos solubilizables contienen esporas y bacterias, si las condiciones de la recolección o del almacenaje han sido desfavorables; por tanto se procede a un lavado antiséptico con KMnO_4 , que ejerce una acción bactericida intensa. La peculiaridad del grano de poder actuar como una célula osmótica permite el empleo de dichos compuestos que, en otras circunstancias serían nocivos para el germen (5).

Pueden, analogamente, ser utilizados como antisépticos otras sustancias cuya naturaleza, caracter químico y dosificación se dan a continuación en el cuadro de la página siguiente (5).

EVALUACION DEL REMOJO

Para saber que el proceso ha sido correcto debe obtenerse una humedad de la cebada de 40% a 42%, el pH de las aguas deberá ser aproximadamente 7; los

granos con comienzo germinativo deberán pasar el 85%, revelados por las puntas blanquecinas que asoman por el mismo permitiendo así la visualización de las incipientes raicillas. El olor del agua residual no deberá ser desagradable (5).

Cuando el grano alcanza el grado de humedad óptimo es elástico, debe doblarse primero y partirse después fácilmente por presión de la uña; **comprimido** entre los dedos (pulgares e índices), deberá desprender sin dificultad las envolturas de la almendra. **Cortado** transversalmente, en dirección al surco ventral, proporciona una sección lisa, embebida de agua uniformemente a excepción de una pequeña mancha central blanca que frotada sobre una superficie plana de madera, piedra, etc. deja un trazo blanco como de tiza (5).

DETERMINACION DEL GRADO DE HUMEDAD

La determinación del contenido de humedad se hace por un método directo, el mismo que a continuación se detalla:

Se pesa 100 gramos de cebada y se coloca en una canastilla metálica perforada, esta canastilla es puesta en la tina donde se va a iniciar el remojo, al término del mismo se saca y se deja **escurrir**, luego se lleva a la centrífuga mecánica para secar la parte externa del grano. Concluido esto se pesa, se tiene en-

BACTERICIDAS COMUNES

COMPUESTO	CARACTER QUIMICO	DOSIS NORMAL	DOSIS MAXIMA	ACCION
Oxido Cálcico	Básico	20-30 gr. HI	130 gr. por HI. sol. saturada	Neutraliz. Bactericida
Agua oxigenada 100 volúmenes	Oxidante	750 gr. por HI.	1,5 a 2 Kg. por HI.	Neutraliz. Bactericida
Permanganato de Potasio	Oxidante Enérgico	1 gr. HI	10 gr. HI.	Desinfect. Enérgico
Formol (so- lución al 40%)	Reductor	250 cc. HI	500 cc. HI	Germinicida Bactericida

CUADRO 3.1

•
 entonces el valor de "P" (peso total de cebada); conocida "h" (humedad inicial de la cebada) se puede determinar "H" (agua absorbida en el remojo) por la relación de las fórmulas siguientes:

$$H (\%) = [(P-100) + h] \times 100 / P$$

3.2.2 GERMINACION (2)

Las plantas en virtud a los pigmentos de clorofila en sus celdas están predispuestas a sintetizar carbohidratos del agua y dióxido de carbono de la atmósfera y al mismo tiempo producir oxígeno. Este proceso tiene lugar en presencia de luz y es conocido como fotosíntesis. En el curso del proceso hay una conversión de energía radiante (normalmente la del sol) en energía química potencial (1) .

En la primera etapa de germinación del grano de cebada, cuando el sistema de clorofila no ha sido aún bien formado, el embrión obtiene su alimento de la reserva almacenada en el endospermo para llevar a cabo su proceso metabólico (1).

El alimento de reserva es atacado por enzimas ocultas en el embrión e hidrolizadas en sustancias simples. Cuando el grano de cebada ha absorbido suficiente cantidad de oxígeno y proporcionado la tempera-

tura adecuada, el embrión pasa de un estado de latente al de crecimiento activo (1).

La energía necesaria para la formación de enzimas y la elaboración de tejidos frescos en la germinación es proporcionada por la actividad respiratoria de las enzimas, las cuales actúan sobre carbohidratos, lípidos y proteínas (1).

La ecuación general para la respiración por la combustión fisiológica de hexosas ha sido dada por:



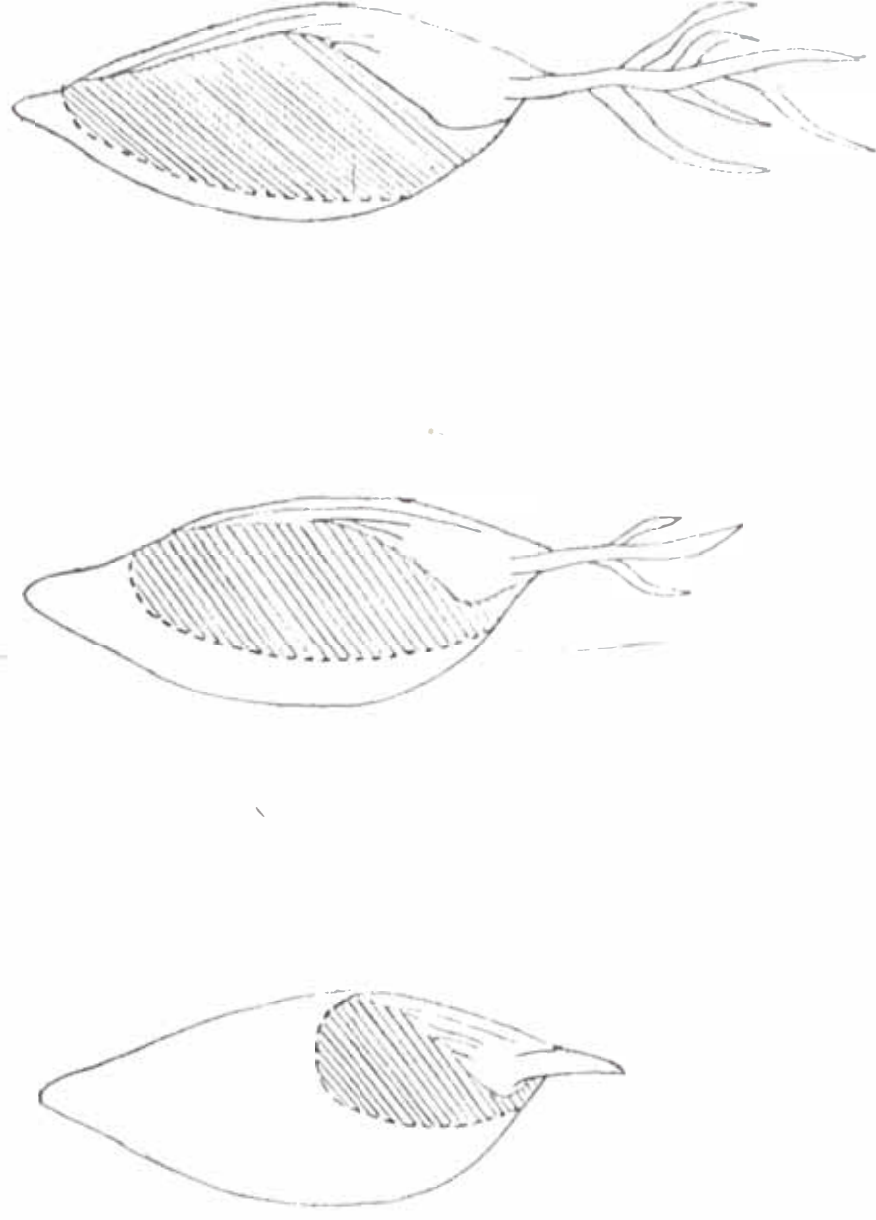
Luego se puede definir la germinación como la etapa en donde se le da a la cebada (previamente remojada), las condiciones necesarias para que pueda disolver las sustancias internas (de reserva del grano) y así permitir su posterior maceración (1).

Las transformaciones internas de la cebada corren por cuenta de unas enzimas que son activadas en el remojo y que trabajan durante el proceso de germinación; esas enzimas completarán finalmente su trabajo de conversión en la maceración de la malta en la cervecera.

ASPECTOS GENERALES

El comienzo de la vida del germen y la degradación de las sustancias de reserva se efectúa de

Desarrollo Fisiológico del grano en la germinación



modo independiente aunque paralela y cuantitativamente; ha de realizarse de manera que queden en el grano, en su mayor parte, dichos constituyentes modificados en su condición (base y materia prima de utilización en la industria cervecera). De aquí que sólo se proceda, en maltería, a realizar una germinación limitada (5)

El desenvolvimiento del grano durante la germinación viene condicionado por numerosos factores (íntimamente ligados unos a otros), siendo los más importantes:

- 1º El reparto uniforme de la humedad del grano.
- 2º La temperatura del medio y de la malta verde.
- 3º El acceso limitado de aire, en los fenómenos respiratorios.
- 4º Naturaleza, procedencia y condición química de la cebada.
- 5º Duración y marcha del proceso

TRANSFORMACION EXTERNAS:

Los signos externos que ponen de manifiesto el inicio de la germinación son:

1. Ligera transparencia de las células que conforman el epitelio.
2. La raicilla de la cebada que comienza a emerger rompiendo la base del grano y una vez fuera, se comienza a ramificar alcanzando de 3 a 5 subraicili-

llas.

3. Por el crecimiento del germen (plúmula, tallo) que sin aparecer exteriormente se hace patente entre la envoltura y el endospermo en sentido opuesto al de la raíz (3).

TRANSFORMACIONES INTERNAS: ACTIVIDAD ENZIMÁTICA

El trabajo de las enzimas dentro del grano se llama desagregación y se realiza en lapsos de 4 a 7 días dependiendo del tipo de cebada, luego la cebada se denominará malta verde.

El término desagregación es tomado del francés, ya que para el inglés se usa el término modificación y para el alemán disolución, todos estos términos traducidos a nuestro idioma (3).

Para realizar la desagregación física y química de la cebada en la formación de malta, se requiere de la transformación especial de las citasas, amilasas y proteasas, entre las más importantes.

CITASAS:

Es un término general que engloba a las enzimas que poseen la propiedad de disolver las paredes celulares del almidón que contienen los gránulos de almidón y que están constituidos por hemicelulosas y gomas (1).

Estas enzimas contribuyen a crear la friabi-

lidad física de los granos germinados y permiten la acción ulterior y posterior de las amilasas y proteasas.

AMILASAS:

Son las enzimas que degradan a los almidones; se subdividen en dos: α -amilasas y β -amilasas; se sabe que los almidones de los granos de cebada están compuestos por dos tipos de cadenas de D-glucosa:

- las amilosas (cadenas lineales)
- las amilopectinas (cadenas ramificadas)

La α -amilasa separa las ramificaciones de las amilopectinas dejando cadenas rectas llamadas dextrinas, es por esto que a la α -amilasa se le denomina dextrinógena (3).

La β -amilasa actúa sobre las cadenas rectas (amilosas) y/o los terminales de las ramificaciones de las amilopectinas. La separa hasta dejar pedazos de cadena de dos unidades de D-glucosa llamada maltosa; la maltosa es una sacarosa por ello a la β -amilasa se le denomina sacarógena (3).

Se ha encontrado que la β -amilasa se encuentra ya en la cebada aunque en un estado inactivo; lo que se hace en el malteo es activarla; por el contrario la α -amilasa es recién formada durante el malteo (3)

PROTEASAS:

Las proteasas o enzimas proteolíticas están divididas en dos grupos:

- Las proteinasas: estas enzimas hidrolizan las proteínas complejas a polipéptidos y péptidos.
- Las peptidasas: que se encargan de hidrolizar los polipéptidos y péptidos a aminoácidos .

Debido a la dificultad de distinguir el producto final de la proteólisis es imposible decir cuantas enzimas proteolíticas diferentes están presentes en la malta (1).

FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO GERMINATIVO:

Humedad: El contenido de humedad que el remojo proporciona al grano de cebada, según el tipo posterior de malta a elaborar, oscila entre el 45% a 54% no debiendo ser superior a estas cifras en ningún momento del proceso germinativo, ya que un exceso de agua dificulta la respiración normal. El porcentaje de agua disminuye lentamente por evaporación, acelerándose esta pérdida por aereación. Por el contrario, crece al reabsorber el agua químicamente formada en la oxidación respiratoria. El grado de humedad inicial se va perdiendo poco a poco y si en algún momento llegase a ser insuficiente, deben ser compensadas las pérdidas o el defecto de la misma mediante rociados. La humedad

irregular dificulta la acción de la citasa y la posterior actuación de las demás enzimas, proporcionando granos con "puntas duras", es decir, zonas no desagregadas (5).

Temperatura: La temperatura de germinación ejerce mayor influencia en las enzimas amilolíticas que en las proteolíticas. Una germinación fría y lenta será la más favorable tanto para el inicio del proceso vital en el grano, como, para una formación normal de azúcares (3).

Oxígeno: Por la respiración se inicia la vida del germen y, éste, en su desarrollo permite seguidamente la formación diastásica, causa de la desagregación del grano. Al principio el contenido de oxígeno en las capas es uniforme y el normal atmosférico (21%). A medida que se produce la respiración, va siendo sustituido por el CO₂ (anhidrido carbónico), más denso que se acumula en los intersticios de las capas. Una concentración excesiva del mismo, nociva para la vida del embrión, es causa del debilitamiento de la respiración normal, creciendo, por el contrario la intramolecular. Si pasado el periodo álgido de la germinación se efectúa la limitación de los fenómenos respiratorios, esto no resulta perjudicial, pues sin detenerse la desagregación se evita el consumo de las sustancias so-

lubilizadas al reducirse las necesidades vitales del embrión (5)

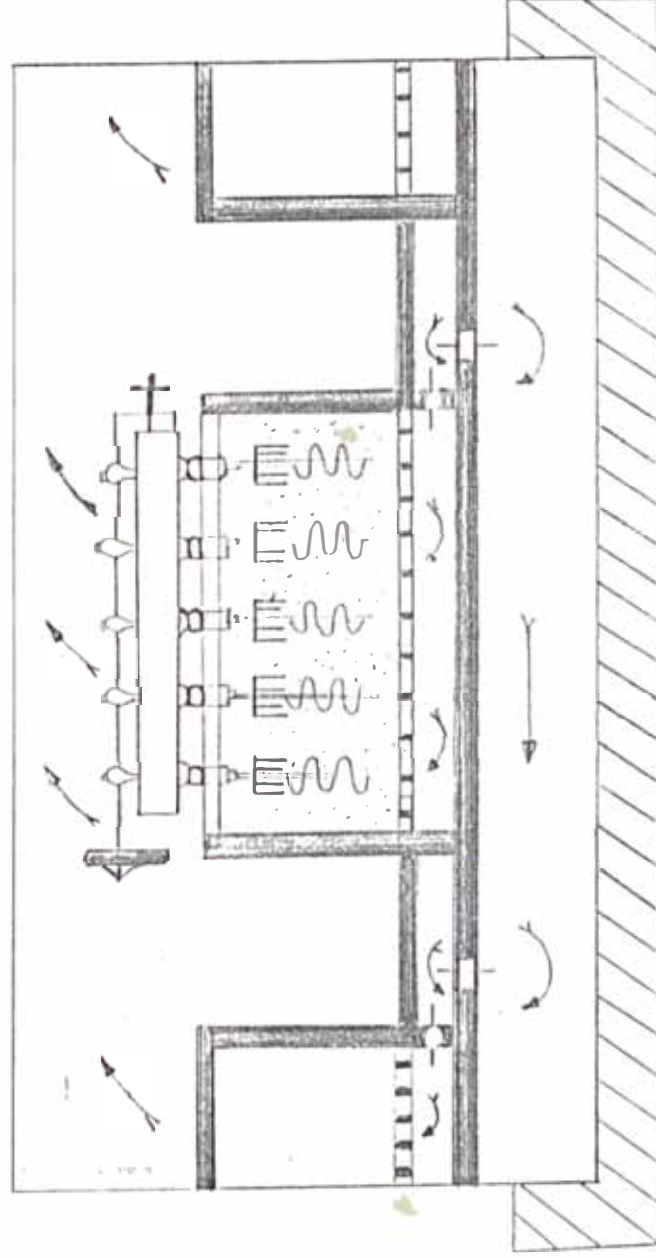
Naturaleza y procedencia de la cebada: Es función de que la planta haya desarrollado o no un ciclo vegetativo normal lo que requiere el cultivo de suelos de consistencia media, calor moderado y humedad uniformemente distribuída. Químicamente debe presentar un máximo contenido en almidón y un mínimo **en nitrógeno** combinado (5).

Duración y marcha del proceso: La germinación debe prolongarse (hecha en frío) un mínimo de 4 a 5 días y en el caso de cebadas de almidón resistente (vítreo), hasta un máximo de 6 a 7 días (5) .

EVALUACION DE LA MALTA VERDE

La malta verde con gusto a crudo, debe desprender un olor fresco, nunca desagradable o a moho. El grado de desagregación alcanzado, se comprueba partiendo un grano con la uña y oprimiendo cada una de las mitades obtenidas entre el pulgar y el índice. Estas deben deshacerse entre los dedos de un modo total, sin presentar resistencias (puntos duros), o excesiva viscosidad, es decir, la desagregación debe ser de condición "seca y harinosa"(5).

Las raicillas, excesivamente filantes y a-



Caja Saladin - Corte Transversal

Fig. 3-3

largadas son indicio de haberse "forzado" en el tiempo, el desarrollo germinativo, es decir que no ha alcanzado en forma natural su crecimiento ya sea por insuficiente alimentación del embrión o por un exceso de temperatura en los primeros días del proceso (5).

DETERMINACION DE LA HUMEDAD DE LA MALTA VERDE

El procedimiento consiste en hacer los muestreos respectivos de las cajas de germinación, tratando de sacar las muestras de zonas profundas. A continuación se pesan 100 gramos de muestra y se coloca en la estufa que debe estar a 120°C más o menos, después de 2 a 3 horas se verifica si el secado ya ha terminado, el grano seco debe partirse al igual que una galleta pero sin llegar a quemarse. Se pesa nuevamente la muestra y se anota el valor (P), con el cual se calculará la humedad parcial h_1 . Se toman 8 gramos aproximadamente de esta muestra y se procede a desgerminar en forma manual; se pesan 6 gramos, a continuación se somete a una molienda, se pesan 5 gramos de esta muestra en unos envases de aluminio con sus respectivas tapas y se coloca nuevamente en una estufa de 120° a 130°C por 20 minutos finalmente se vuelve a pesar (q) y se obtiene h_2 . Se suman ambas humedades parciales y se calcula la humedad total H.

$$h_1 = 100 - P$$

$$h_2 = P (5 - q) / 5$$

$$H = h_1 + h_2$$

3.2.3 SECADO

Es la etapa del malteado mediante la cual la malta verde es sometida a una corriente de aire caliente graduable en su condición térmica con la finalidad de detener el proceso germinativo y proporcionar a la malta el color y aroma deseado (3).

Para detener el proceso, la humedad, debe ser llevada a menos del 5%.

FASES:

Podemos distinguir en el proceso dos fases, la primera que se conoce con el nombre de pre-secado y la segunda como secado propiamente dicho o tostación.

PRE-SECADO:

Durante el pre-secado, la temperatura de la malta debe iniciarse a 50°C aproximadamente y al final de éste no debe exceder los 60°C; una temperatura mayor con una malta todavía húmeda puede dañar considerablemente las enzimas y producir la gelatinización del almidón (3).

La temperatura no debe sobrepasar los 50°C, mientras la humedad de la malta esté sobre el 10%, durante el pre-secado continúa el crecimiento del embrión y la acción degradativa de las enzimas la cual es aún mayor que la de la germinación, pues las enzimas trabajan mejor en caliente (3).

La vida activa del germen alcanza su límite entre los 35°C y 38°C y el mismo, puede permanecer en vida latente después de haber sido sometido a una acción térmica prolongada a 80°C por espacio de varias horas. Por esas circunstancias y debido al elevado grado de humedad inicial del grano (45% aproximadamente) todas las transformaciones fisiológicas iniciales de la germinación, desarrollo de la plúmula, de la radícula, actividad diastásica, transformaciones químicas, etc. se continúan con intensidad. Se debe pues acelerar el proceso térmico por enérgica ventilación (5), es decir usando corrientes de aire caliente.

SECADO O TOSTACION

Durante el secado la actividad enzimática es completamente detenida al llevar el grado de humedad a menos del 5%. En esta etapa se paraliza la acción de las enzimas; las reacciones químicas más importantes que habrán de producirse son las que tienen relación con el gusto y color de la malta, y sus elementos reaccionantes serán los productos más simples del desdo-

blamiento del almidón y de las proteínas. En efecto la reacción principal será una combinación de azúcares simples con aminoácidos, produciéndose así los productos aromáticos y coloreados denominados "melanoidinas". Estos azúcares y aminoácidos a temperaturas normales forman compuestos inestables, pero a altas temperaturas reaccionan vigorosamente aunque el mecanismo de reacción aún no es bien conocido (3).

Las melanoidinas son sustancias de color marrón rojizo, de un olor característico, de condición coloidal, elevado poder reductor y reacción ácida (3).

En consecuencia mediante el secado, en un proceso de transformaciones química-biológica perfectamente compensadas y equilibradas, obtenemos maltas secas de endospermo harinoso, de color y aroma variable y contenido diastásico reducido. Químicamente, disminuye su contenido en nitrógeno soluble y azúcar reductor por la formación de melanoidinas y **se incrementa** la acidez actual (pH); las transformaciones sobre el resto de las materias proteicas e hidrocarbonadas (almidón, pentosanas y celulosa), son inapreciables (5).

3.3. EFECTOS DEL ACIDO GIBERELICO

3.3.1 DEFINICION

Es una de las cuatro giberelinas aisladas del moho giberela, el cual en su acción catalítica produce una acción internoidal, es decir entre los nudos y muere en las raíces de la planta (3).

ASPECTOS GENERALES

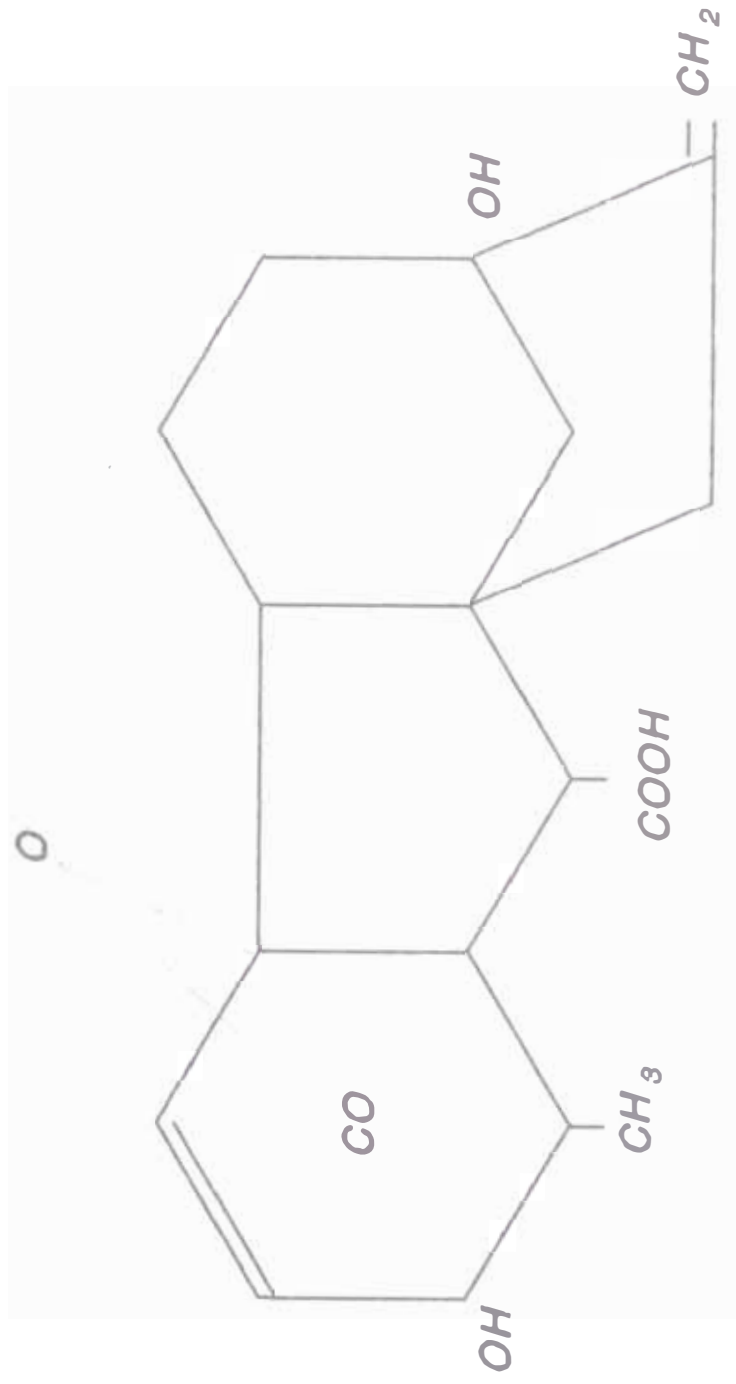
Composición Química: Es un producto químico altamente activo de apariencia sólido cristalino: su punto de fusión es de 230°C, con solubilidad en agua hasta un límite de 5gr/lt. El ácido es insoluble en benceno, pero en cambio muy estable en el alcohol etílico (8).

Formula Global: $C_{19}H_{22}O_6$

Formula Estructural: (ver figura 3.4)

Actividad Biológica: El ácido giberélico no presenta acción sobre las bacterias, mohos y levaduras, en cambio posee una acción marcada catalítica, sobre el desarrollo de las plantas, mas no sobre las raíces; produciendo elongaciones celulares y en algunos casos acelera la multiplicación celular; de este modo, puede

FORMULA ESTRUCTURAL



Acido Giberélico

producir un desarrollo sensible en plantas enanas convirtiéndolas en plantas normales, característica que no será hereditaria (8).

3.3.2. USOS:

El ácido giberélico se usa específicamente en la agricultura y su recomendación varía en función a la variedad de sembríos que se quiera tratar, de allí, que de acuerdo al momento en el que se agregue se puede inducir al florecimiento, homogenizar el maduramiento de los frutos, etc. (8).

3.3.3. ACCION DEL ACIDO GIBERELICO EN EL PROCESO DE MALTEADO

El empleo del ácido giberélico durante el malteado, básicamente durante el **proceso de** germinación, habrá de contribuir a la eliminación o cuando menos a la disminución del periodo de latencia y sensibilidad al agua de la cebada y fundamentalmente, habrá de acelerar el desarrollo de la germinación (3).

Con el uso del ácido giberélico se modificarán algunos valores de la composición química de la malta. Así se incrementa el valor del extracto, aumentará el índice de desagregación proteica, el tenor en α -amilasa será mayor y también el color del mosto re-

sultante. Se obtendrá por otra parte, una menor diferencia entre los extractos fino y grueso y el valor de las proteínas solubles se incrementará.

Hay que señalar también que el ácido giberélico puede remediar alteraciones germinativas al grano por asfixia del embrión. En efecto, se pueden disgregar los granos aún sin que los gérmenes estén vivos, pero en este caso la capa de aleurona debe estar intacta y el factor que la activa también debe estarlo. Será así posible ayudar al proceso de la desagregación con la presencia de catalizador esto permite el uso de cebada con problemas embrionarios pero siempre y cuando las condiciones de la anomalía tengan las características que se consignent (8,9).

3.4. CONTROL DE CALIDAD

3.4.1 ANALISIS DE CEBADA

El análisis de cebada da ideas generales acerca de su composición, de sus características y de la calidad de malta que se puede obtener de ella, ninguna de las pruebas que se llevan a cabo son concluyentes y muchas veces han resultado contradictorias; es papel del técnico experimentado, el llegar a través de los resultados del análisis a conocer las posibili-

dades malteras de una cebada y el plan que se debe seguir para su tratamiento.

El análisis de la cebada está dividido en dos partes: análisis físico y análisis químico.

ANALISIS FISICO

Clasificación: Se clasifican los granos por su grosor, utilizándose mallas de 2,8 mm, 2,5 mm y 2,2 mm; esto es para granos de 2 hileras. Para las cebadas de 6 hileras es de 2,78 mm, 2,38mm y 1,98 mm respectivamente. A las cebadas clasificadas en las mallas que están sobre 2,8 y 2,5 mm se les considera de primera, la que está sobre 2,2 de segunda y menos 2,2 cebada de tercera y deshechos respectivamente. Se considera que la cebada de tercera y los deshechos no deben de pasar del 3% (3).

Pureza Varietal: Es preferible que la cebada a procesar, sea de una misma variedad, y esto se determina en porcentaje (1).

Color del grano: Mide la uniformidad en el color del ya que es un indicio de su madurez y estado de conservación. Clasifica de 1 a 5; grado 5 significa un tono uniforme en todos los granos de cebada (1).

Fineza de cáscara: Se clasifica de 1 a 5. Grado 5 indica la cáscara más delgada (1).

Peso Hectolítrico: Es el peso en kilogramos de un Hectolitro de cebada. Se basa en el hecho de que siendo el almidón el componente más pesado de la cebada, a mayor peso hectolítrico habrá mayor proporción de almidón. Aunque en este parámetro tiene mucha influencia la forma del grano (1).

Peso de 1000 granos: Se basa en la misma idea del peso hectolítrico aunque aquí influye mucho la humedad de la cebada, por tanto se reporta en base seca (1).

Humedad: La humedad de la cebada no debe ser mayor del 14% puesto que en su almacenamiento, puede iniciarse una respiración y por ende un calentamiento de la misma, lo que sería perjudicial para el embrión. Además el gorgojo y los mohos atacan fácilmente a la cebada húmeda (3).

ANALISIS QUIMICOS

Proteínas totales: El contenido de proteínas y por extensión el de nitrógeno, juega un papel muy importante en la proporción de extracto y las propiedades de la malta. Un alto porcentaje de proteínas estorba al

almidón y disminuye el porcentaje de extracto. Por el contrario pocas proteínas afectarán la estabilidad de la espuma (1).

Poder Germinativo: Determina la vitalidad del grano. Se basa en el principio de hacer reaccionar una sal, al trifenil tetrazonio con ciertos compuestos que están presentes en el embrión de tal manera que forman una sal halogenada que produce una coloración rojiza en el mismo. Cuando el embrión de la cebada está muerto no se produce reacción alguna (3).

Energía Germinativa: Es la capacidad que tiene el grano para poder germinar. Se determina al tercer y quinto día. Cuando el porcentaje de granos germinados es menor al 95% quiere decir que la cebada no ha cumplido su dormancia.

Se conoce como dormancia, al periodo de post-maduración del grano en el cual se produce una estabilización de sus constituyentes; cumplido este periodo, la cebada está apta para ser germinada. El periodo de dormancia depende de la variedad y también está en función del medio ambiente en que ha sido cosechada. Un tiempo húmedo la prolonga, uno seco la acorta (2).

Sensibilidad al agua: Indica la capacidad de absorción de la cebada cuando está en contacto con agua. En

algunas variedades es tan rápida que termina por ahogar al grano, lo cual vendría a ser perjudicial para el proceso, puesto que son granos que ya no van a germinar; antes de maltear es necesario verificar si la cebada es sensible o no para saber de este modo hasta qué punto se debe llevar la humedad del remojo.

3.4.2. ANALISIS DE LA MALTA

Una vez terminado el proceso de malteo, la malta es analizada en el laboratorio y los resultados de los análisis darán a la cervecería una pauta para su posterior tratamiento. El análisis consta de dos partes: análisis físicos y análisis químicos.

ANALISIS FISICOS

Clasificación: Al igual que la cebada se clasifica al grano en mallas de 2,8 mm, 2,5 mm y 2,2mm. A mayor contenido de granos de primera clase se obtendrá un mayor extracto.

Impurezas: Se determina el porcentaje de granos extraños, rotos, mohosos y descascarados.

Peso de 1000 granos: El peso de 1000 granos está directamente relacionado con la modificación; además la relación entre la malta y la cebada de la cual fue malteada debe ser aproximadamente 20% de pérdida en peso de la malta (1).

Peso hectolítrico: Al igual que el peso de los 1000 granos debe conocerse el peso de la cebada para tener la verdadera valoración de la malta. Para cebadas livianas hay una mayor pérdida de peso que de volumen, es por eso que el peso hectolítrico es de menor valor que el peso de los 1000 granos (1).

Desarrollo de germen: Hay una relación entre la modificación y la longitud del germen cuando la germinación ha sido bien llevada. La uniformidad en el crecimiento del germen es importante, lo deseable es que el germen no sobrepase el tamaño del grano (1).

Estado del endospermo: El endospermo puede ser vidrioso, semividrioso o harinoso. El porcentaje de cada uno de ellos es una de las mejores medidas de la modificación del grano; se llama harinosidad al porcentaje de granos harinosos más la mitad del porcentaje de los granos semividriosos. A mayor porcentaje de harinosidad habrá mayor modificación (1).

ANALISIS QUIMICO

Humedad: La humedad no debe pasar del 5% porque se reanudaría la acción de las enzimas. Una malta húmeda pierde su aroma , hace difícil la molienda y da inestabilidad a la cerveza (3).

Macerado Convencional y Rendimiento del Extracto: El clásico "Cocimiento Congreso", es un método aceptado por todas las partes implicadas en la producción y venta de malta y que proporciona unos datos convencionales, que sirven para el mercado y que orientan al técnico sobre la calidad del producto (9). Este es realizado con 50 gr. de molienda fina y 450 gr. de agua; la temperatura, se va incrementando de acuerdo a un programa, de 45° a 70° en un tiempo de aproximadamente dos horas. Se llama mosto al líquido resultante del filtrado y la cantidad de materia en solución que contiene el mosto se conoce como extracto. Este está formado por alrededor de un 80% por productos de la sacarificación del almidón. En relación al grano, el extracto se representa como un porcentaje en peso.

Aroma: El olor de maceración se reporta como aromático ligeramente aromático y no aromático. Es deseable que la malta molida en el momento del macerado despidan un olor aromático (agradable).

Grado de claridad: El mosto puede ser claro, ligeramente opalescente u opalescente; los dos últimos términos pueden significar una mala modificación. Se ha encontrado que para una misma variedad de cebada el mosto es menos turbio cuando la respiración de la malta ha sido alta y por tanto bien modificada (1).

Tiempo de sacarificación: El tiempo de sacarificación es tomado desde el momento en que el macerado ha alcanzado la temperatura de 70° y éste no debe exceder de 15 a 20 minutos. Un tiempo mayor significaría que en el secado hubo una gran destrucción de amilasas o que la malta ha sido mal modificada (1).

Tiempo de filtrado: La velocidad de filtración del mosto depende del número de pequeñas partículas insolubles que quedan ocluidas en el lecho filtrante (9). La filtración completa del mosto no debe tomar más de una hora. Un tiempo de filtrado antes de la media hora se reporta como rápido; de media hora a una hora es normal y pasada la hora, como lento.

Color: El color del mosto está en función al tipo de malta que se desea obtener (5) y sólo nos daría un índice de modificación para maltas de la misma variedad y sometidas a una misma curva de secado.

Diferencia Fino-Grueso: La diferencia de los extractos de las moliendas fina y gruesa es una medida de la facilidad con que el cervecero va a tener un buen rendimiento en su cocimiento. Un aumento en la diferencia en extractos, indica que la humedad durante la germinación no ha sido suficiente para esa cebada (9). Esta diferencia nunca llega a ser perfecta, osea, igual a cero; 0,5% se puede considerar como la diferencia mínima obtenible (1).

Proteínas totales: El porcentaje de proteínas es importante y está íntimamente ligado a la cantidad de extracto, puesto que, a mayor porcentaje de proteínas se llegará a esperar mayores pérdidas en el malteado (4)

Proteínas solubles: La proporción de proteínas solubles en malta no es un índice determinante para evaluar la modificación, pero sirve, para indicar la cantidad de nitrógeno que estará presente en el extracto (1)

Índice de Kolbach: Una de las primeras correlaciones que se comprobó entre el contenido proteínico y la calidad cervecera estriba en la modificación de su nitrógeno total en nitrógeno soluble. Se conoce como el índice de Kolbach a la relación de las proteínas

solubles entre las proteínas totales; un valor mayor al 41% indica muy buena modificación, de 35% a 41% buena modificación y menor al 35% modificación insuficiente (1).

pH: Indica la presencia de ácidos orgánicos, fosfatos ácidos así como pequeñas cantidades de ácido sulfúrico. Se le puede considerar como un índice de modificación, pero se debe tener en cuenta que está fuertemente influenciado por la variedad de la cebada (1).

Viscosidad: Se determina en centipoises y está influenciada por la presencia de betaglucanos, pentosanos, hemicelulosas, dextrinas altas, etc. Una viscosidad alta en el mosto es un índice de que puede haber problemas de filtrabilidad con el mosto (9).

Poder Diastásico: Representa la capacidad de las amilasas para transformar el almidón en maltosa y dextrinas. Esta precaución es poco usada en cervecería donde solo se usa malta, pero en las cervecerías que usan adjuntos tales como granos de arroz, es necesario que la malta tenga un alto poder diastásico para poder disgregarlo (3).

4. EVALUACION DEL ACIDO GIBERELICO EN EL PROCESO

Se ha considerado para este estudio el uso del ácido giberélico con dos tipos de cebada que son las que mayormente se trabajan en Malteria Lima S.A. Las primeras, de producción nacional, variedad "UNA 80" y "Yanamuclo"; el segundo tipo de cebada corresponde a una australiana, variedad "clipper".

Teniendo en cuenta que la cebada nacional no es una típica cebada cervecera se dará mayor énfasis a estas pruebas.

4.1. CEBADA NACIONAL

TECNICA EMPLEADA:

La técnica empleada en el proceso de malteo de estas pruebas experimentales están en función a las condiciones que en el proceso se da en la Planta industrial.

PREPARACION DE LA MUESTRA: Fueron enviadas de los silos dos muestras de cebada nacional: la primera fue la variedad UNA 80, de seis hileras y la segunda la variedad Yanamuclo Huancayo de dos hileras. Se procedió a tomar las pruebas previas al micromalteo.

Humedad: Esta prueba se hace por duplicado para cada variedad. Se cogen al azar 11 gr. de cebada (si hay existencia de impurezas éstas serán retiradas). Se muele la muestra en el molino de finos y la harina es recolectada en un vaso metálico. Se tara un envase de aluminio (con tapa) en la balanza con aproximación al centésimo; con una espátula se revuelve la muestra para homogenizarla. Se pesa 5.00 gr. de cebada molida y se tapa el recipiente. Con la muestra remanente, repetimos la operación. Se enciende la estufa y se espera a que la temperatura se estabilice alrededor de los 125°C. Cuando esto suceda, las dos muestras son colocadas destapadas en la estufa por un periodo de 20 minutos. Pasado este tiempo se retiran las muestras con unas pinzas evitando cualquier derrame. Se tapan inmediatamente y se colocan en una plancha de aluminio por 5 minutos. Se pesan nuevamente las muestras (P) y se efectúan los cálculos de humedad de la cebada (H) de la siguiente forma:

$$H = (5 - P) \times 100 / 5$$

Proteínas: Se coge una muestra al azar; se zarandea manualmente en una malla de 2,5mm y se limpia de impurezas si fuera necesario. Se toman 4 gr. aproximadamente de muestra y se muele recolectándose el producto en un vaso metálico. Se pesa en la balanza analítica, utilizando unos pesafiltros de vidrio cuya

tara se conoce; con una espátula se revuelve la harina para homogenizarla y se pesa 1,75 gr. con una aproximación de 5 decimales. Las muestras se pesan por duplicado.

Método Kjeldahl:

Mineralización: En dos fiolas de 200 ml. son vertidas las muestras de los pesafiltros, teniendo cuidado de no derramarlas. Se llevan las fiolas al extractor y se le añade a cada uno, 4 gr. de catalizador selenio y 20 ml. de ácido sulfúrico concentrado; luego se colocan en la cocina a una temperatura de 200°C a 300°C, durante 2 horas y media. Pasado este tiempo se apaga la cocina y se deja enfriar por media hora.

Destilación del amoniaco: Se preparan dos erlenmeyer de 200 ml. (colectores), se pipetea 25 ml. de ácido sulfúrico 0,1N para cada uno y se añaden 5 gotas de indicador, el cual es una mezcla de azul de metileno y rojo de metilo en alcohol en proporción 2 a 1 para un rango de pH 7. Se ajusta el tubo de descarga de modo que permanezca sumergido en la solución del colector. Se enjuaga la parte externa de las fiolas con agua de caño. Se agregan 150 ml. de agua destilada helada a cada muestra y se secan los balones en su parte exterior. Se añade lentamente 70 ml. de una solución de hidróxido de sodio al 30%; la solución en la fiola inicialmente incolora, tomará un color azulino. Se agregan dos granallas de zinc; se colocan los balones

de destilación a la cocina y estos se conectan al sistema de refrigeración.

Valoración: Luego de media hora de destilación del amoníaco, se separan los colectores del sistema refrigerante y se apagan las cocinas. La muestra queda lista para ser titulada con hidróxido de sodio 0,1N. En el colector se valora el resto del ácido sulfúrico que no se combinó con el amoníaco. El cálculo del contenido de nitrógeno se efectúa de la siguiente forma:

$$N = (a - b) \times 0,0014 \times 6,25 \times 100 / 1,75$$

Donde:

N es el porcentaje de nitrógeno

a es la cantidad de equivalentes de H₂SO₄ 0,1N

b es el gasto de NaOH 0,1N consumido para la neutralización del H₂SO₄

0,0014 es la cantidad de nitrógeno que corresponde a 1 ml de disolución de H₂SO₄

1,75 es el peso de la muestra en gramos

6,25 valor característico para granos de cereales

Peso de los mil granos: Se utiliza una doble plancha inclinada con una especie de caja en la parte inferior. La primera de las cuales tiene 500 perforaciones con la forma del grano. Se deja caer la cebada de modo que los espacios vacíos queden con un grano de cebada cada uno; se limpia el excedente y se

retira la segunda plancha, luego la cebada caerá en la cajita. Se procede a pesar la muestra (P) y se calcula el peso de los mil granos:

$$W_{1000} = P \times 2$$

Peso hectolítrico: El equipo consta de cinco partes:

- Un tubo base.
- Una cuchilla.
- Un tambor.
- Un tubo largo superior sin base.
- Un tubo como envase.

Se procede al armado del equipo: se coloca el tubo base, a continuación la cuchilla, sobre ella va el tambor y finalmente el tubo superior. El tubo envase es llenado con cebada desde una altura de 15 cm. La velocidad no será ni rápida ni lenta, pero sí, constante. Se llena luego el tubo superior en forma análoga a lo anterior. Se quita la cuchilla y el tambor cae por gravedad. Se coloca nuevamente la cuchilla y se elimina la cebada que ha quedado en el tubo superior. Se pesa la muestra contenida entre el tubo base y la cuchilla y se busca en las tablas de cebada el equivalente de este peso en peso hectolítrico.

Sensibilidad: Se toma al azar una muestra, se escogen 200 granos que tenga completa su cáscara. Tanto en la

base como en la tapa de dos cajas petris (10 cm. de diámetro), se colocan papeles de filtro de tal forma que se adapten a la forma del recipiente. Se disponen 100 granos para cada caja de tal manera que el germen esté en contacto con el papel. A una de las muestras se añade 4 ml. de agua y a la otra 8 ml. y se tapan rápidamente. Al tercer y quinto día se hace el conteo de las cebadas germinadas. El resultado se expresa en porcentaje.

Energía Germinativa: Para esta prueba se escogen al azar 500 granos enteros y con cáscara de una misma muestra. En una placa de vidrio de 25x25 se coloca un doble papel de filtro humedecido con agua. Sobre ella se disponen los granos; encima va otro papel de filtro también húmedo, el cual se unirá a los anteriores por dos de sus bordes opuestos; los otros quedarán libres. La placa de vidrio se colocará dentro de una caja metálica. Al tercer y quinto día se procederá a contar los granos germinados y el resultado se expresará en porcentaje.

Obsérvese los datos correspondientes a estas pruebas en el cuadro siguiente.

REMOJO: Para esta prueba se disponen de seis cajas, con un kilogramo de cebada cada una, tres corresponden

a la variedad "UNA 80" (seis hileras) y tres a la variedad "Yanamuclo" (dos hileras); todas procedentes de Huancayo. El **remojo duró 24 horas** y se uso como sustancia bacteriostática KMnO_4 ; la humedad final fue determinada por el método de la canastilla de inmersión, método explicado en 3.2.1. Se trabajó con remojo alterno es decir media hora de inmersión al agua y media hora en **seco**, con inyección de aire. El empleo de un remojo corto es en previsión de mantener la vitalidad del grano, el defecto de humedad que pueda darse será retocado con los riegos respectivos en la etapa de germinación, momento que se aprovechará para agregar a las muestras de ensayo el catalizador correspondiente (ácido giberélico).

GERMINACION: Se programó sobre la base de seis días de germinación y la aplicación del ácido giberélico a distintas concentraciones como catalizador del proceso. Para cada variedad se disponen de **tres** cajas de germinación que corresponderán a los ensayos A, B y C para "UNA 80" y D, E y F para la cebada "Yanamuclo". En ambos casos las muestras A y D servirán de testigo. Se cree conveniente además para las **otras cajas** utilizar dosis de 0.1 ppm y 0.2 ppm de ácido giberélico, teniendo como referencias pruebas realizadas en malterías europeas.

La presentación del ácido giberélico utili-

zado es en pastillas de 10 gramos, de los cuales un gramo corresponde al ácido giberélico, siendo el restante materia inerte que facilita su dilución en agua. Como el trabajo a realizar es con pequeñas cantidades de cebada la concentración deseada se obtuvo por diluciones sucesivas. Para evitar la pérdida del catalizador se creyó conveniente esperar que la cebada absorviera la película de agua proveniente del remojo. La primera dosis se aplicó a las 20 horas y la segunda a las 68 horas. Diariamente se procedía al control de temperatura y a la remoción manual de la muestra para evitar la formación de grumos.

SECADO: La curva de trabajo en el secado fue la clásica y con la que se procede habitualmente en Maltería Lima S.A. El tiempo total empleado es de 18 horas. En la gráfica adjunta se presenta el cuadro de temperaturas para los diferentes tiempos durante el secado.

Control de Calidad: Terminado el secado se deja enfriar a temperatura ambiente por dos horas. Luego se desgermina la malta en forma manual y se deja enfriar un día. Se deshechan las raicillas y la muestra queda lista para ser analizada.

Análisis Físicos:

Clasificación: En una zaranda vibratoria con mallas 2,8mm, 2,5mm y 2,2mm se procede al zarandeo de 100 gr. de muestra; los resultados de esta distribución granulométrica se expresan en porcentaje. Se toman 50 gr. de malta y por medio de un escogido se dividen en granos rotos, mohosos, extraños, descascarados y buenos. Se pesan las muestras y los resultados se expresan en porcentaje.

Peso de los mil granos y peso hectolítrico: Se procede con la misma metodología que para la cebada, **solo que** para el segundo las tablas corresponderán a malta.

Desarrollo del germen: Se toman 50 granos de malta cuyo germen esté protegido por la cascara; con ayuda de un punzón se deja el germen al descubierto y con una lupa graduada se va **verificando su longitud** o crecimiento. Los resultados se expresan en porcentaje.

Estado del Endospermo: Se utiliza una placa cortadora para 50 granos y con ayuda de una lupa se verifica las condiciones del endospermo, es decir si está harinoso o vidrioso. Los resultados se expresan en porcentaje.

Análisis Químico:

Humedad y Proteínas Totales: Se toman 9 gr. de muestra y se procede a la molienda. Se recolecta la harina en un vaso metálico. Utilizando unos pesafiltros, se pesan en la balanza analítica, previa homogenización con la espátula, 5 gr. de muestra y se tapa inmediatamente; a continuación se pesan por duplicado muestras con 1,75 gr. las cuales serán para las proteínas totales y cuyo análisis es el mismo que para la cebada. La muestra para humedad es colocada en una estufa a 104°C durante 3 horas. Transcurrido este tiempo se retira la muestra y se pone a enfriar por media hora antes de ser pesado. El cálculo es análogo al de la cebada.

Cocimiento Congreso: Se muelen 50,5 gr. de malta en el molino de finos y otros 50,5 gr. en el molino de gruesos, las muestras son recolectadas en unos vasos metálicos de peso conocido. Se homogeniza la harina y se pesan 50,00 gr. Se calienta agua destilada hasta 45°C. Se añaden 200 ml. de esta agua a cada muestra y con una vagueta se disuelve eliminando los grumos. Se verifica si el macerado es aromático, ligeramente aromático o no aromático. Inmediatamente se coloca la muestra en el macerador el cual consta de unos agitadores y un controlador de temperatura que para

este momento inicial debe estar a 45°C. También se colocan 2 tubos con 100 ml. de agua destilada cada uno. Se mantiene el sistema a esta temperatura durante 30 minutos. Pasado este tiempo, se sube gradualmente la temperatura de 45°C a 70°C en 25 minutos. Cuando alcanza los 70°C, se añade el agua destilada de los tubos. La prueba de sacarificación se hace a los 5, 7, 10 minutos, utilizando yodo. Debe permanecer a esta temperatura durante 1 hora. Finalmente se enfria hasta 23°C en 10 minutos. Se retiran los agitadores y se enjuagan con agua destilada. Se secan los vasos por la parte exterior sin perder muestra. Se completa el peso a 500 gr. con agua destilada. Previamente se prepara unos vasos de 500 ml. y unos embudos de 20 cm. de diámetro con papel de filtro Ederol 60-N. Se vierte el contenido del vaso a los embudos procurando que quede la mínima cantidad de sólidos. Se filtra hasta los 50 ml. y se procede a refiltrar, tomando nota del tiempo; si el filtrado termina antes de la media hora se cataloga como rápido, de media hora a 1 hora como normal y más de 1 hora como lento. El líquido resultante del filtrado se denomina mosto y a partir de éste se procede a tomar el peso específico, viscosidad, color, proteínas solubles, pH, etc. Sólo para esta primera prueba se utiliza el mosto obtenido de la molienda fina.

Color: Preparación de la muestra: se toman 30 ml. de mosto. Se le añaden 3 gr. de tierra diatomea y se filtra en un erlenmeyer usando un embudo de 10 cm. de diámetro y doble papel de filtro Ederol 60-N. Se deshechan los primeros 15 ml. de filtrado y se recolecta el resto. Medición: el espectrómetro tiene unos tubos de prueba en donde se tomarán las muestras. Se calibra el equipo a 430 nm de longitud de onda y absorvancia 0,00; se coloca un tubo con agua destilada como referencia. Graduamos a 100 de absorvancia y esta muestra tendrá como color 0. Se procede a medir el color del mosto de las muestras en unidades S.R.M.

Peso Específico: Se utiliza un picnómetro, cuyo peso se conoce tanto solo (W_P) y con agua destilada a 20°C (W_{ad}). Se procede a tomar el peso del mosto temperando a 20°C (W_2). Se calcula el peso específico (P_e):

$$W_{H_2O} = W_{ad} - W_P$$

$$W_{mue} = W_2 - W_P$$

$$P_e = W_{mue} / W_{H_2O}$$

Proteínas Solubles: Se pipetea 25 ml. del mosto y se vierte a una fiola de 200 ml. se añade 5 ml. de solución de H_2SO_4 0,5N; se coloca en la cocina a 200°C durante 7 u 8 minutos para evaporar el agua, luego se retira. Una vez fría, se procede igual que para la determinación de las proteínas de la cebada. El

cálculo en este caso es el siguiente:

$$N_a = (a-b) \times 0,0014 \times 6,25 \times E / (25 \text{ml} \times P_e \times \delta \times \varrho P)$$

Donde:

a es la cantidad de equivalentes de NaOH 0,1N

b es el gasto de H₂SO₄ 0,1N.

E es la cantidad de extracto en 100 gr. de malta.

P_e es el peso específico del mosto.

ϱP son los gr. de extracto en 100 gr. de mosto.

Viscosidad: Se utiliza un viscosímetro Oswald de 1,45 a 3,5 cP. Previamente se enjuaga el viscosímetro con la muestra, luego se le añade el mosto; **se eliminan** las burbujas y se procede a enrazar. Se toma el tiempo con un cronómetro y se **calcula la viscosidad** de la siguiente forma:

$$\mu = (t_m / t_{H_2O}) \times 1,002 \times P_e \times (8,6 / \varrho P)$$

Donde:

t_m es el tiempo (seg) de la muestra a 20°C.

t_{H₂O} es el tiempo (seg) del agua a 20°C.

P_e es el peso específico.

ϱP es el grado plato.

8,6 es el valor de un ϱP ideal.

pH: Se estandariza el pH-metro con dos soluciones buffers: una a 7 y otra a 4. Antes de medir se debe lavar el electrodo con agua destilada y luego enjuagar

con un poco de mosto.

4.2. CEBADA IMPORTADA:

Es de conocimiento el empleo del ácido giberélico en malterías europeas; en el presente estudio se intenta demostrar la acción del ácido giberélico en una típica cebada cervecera; en este caso "clipper" (2 hileras) de procedencia australiana.

PREPARACION DE LA MUESTRA: La preparación es en forma análoga que para el caso de cebadas nacionales. Los resultados obtenidos fueron los que se muestran en la tabla

REMOJO: Se dispone de cuatro cajitas de un kilogramo cada una: G, H, I y J; el tiempo de remojo es de 24 horas; se coloca una canastilla de inmersión para determinar al final, el porcentaje de humedad en esta etapa. Se usó KMnO_4 como sustancia bactericida.

GERMINACION: Para las cajas G y H, se dio un tiempo de germinación de 4 días, siendo G la testigo; H tenía una dosis de ácido giberélico de 0,1 ppm. Para las cajas I y J se programó un tiempo de germinación de 5 días. En este caso I era la muestra testigo; J tenía una dosis de ácido giberélico de 0,1 ppm. La forma de

operación en esta etapa será de la misma manera que el micromalteo con cebada nacional.

SECADO: De la misma forma que en el procedimiento anterior, el secado se realizó con la curva de trabajo empleada habitualmente en Maltería Lima S.A.

Análisis de Cebada

PRUEBAS	UNA 80	YANAMUCLO	AUSTRALIA
Humedad (%)	12,8	13,1	10,8
W ₁₀₀₀ granos	43,0	44,8	44,9
Proteínas (%)	10,3	11,7	10,6
W _{Hectolitrico}	65,15	68,95	76,95
Energía Germinativa			
3er. día (%)	98	95	98
5to. día (%)	98	96	98
Sensibilidad			
4 ml. (%)	93	96	97
8 ml. (%)	90	90	93

RESULTADOS

Cuadro Resumen de Aná isis

Variedad UNA 80

PRUEBAS	Sin ácido	0,1 ppm	0,2 ppm
Humedad	5,1%	4,7%	4,5%
Sacarificación	10'a 15'	10'a 15'	10'
Olor	lig. aromático opalescente	aromático lig. opalesc.	aromático claro
Grado de Claridad	1,4 SRM	1,5 SRM	2,0 SRM
Color del mosto			
Diferencia en el extracto	1,9	1,2	1,1
Proteínas totales	10%	10%	9,8%
Proteínas solubles	3,14%	3,44%	3,56%
Nitrógeno soluble	502 mg.	550 mg.	570 mg.
Indice de Kolbach	31,4%	34,4%	36,7%
pH	5,99	5,95	5,95
Viscosidad	1,70 cP	1,65 cP	1,62

UNA 80

ruebas de Color

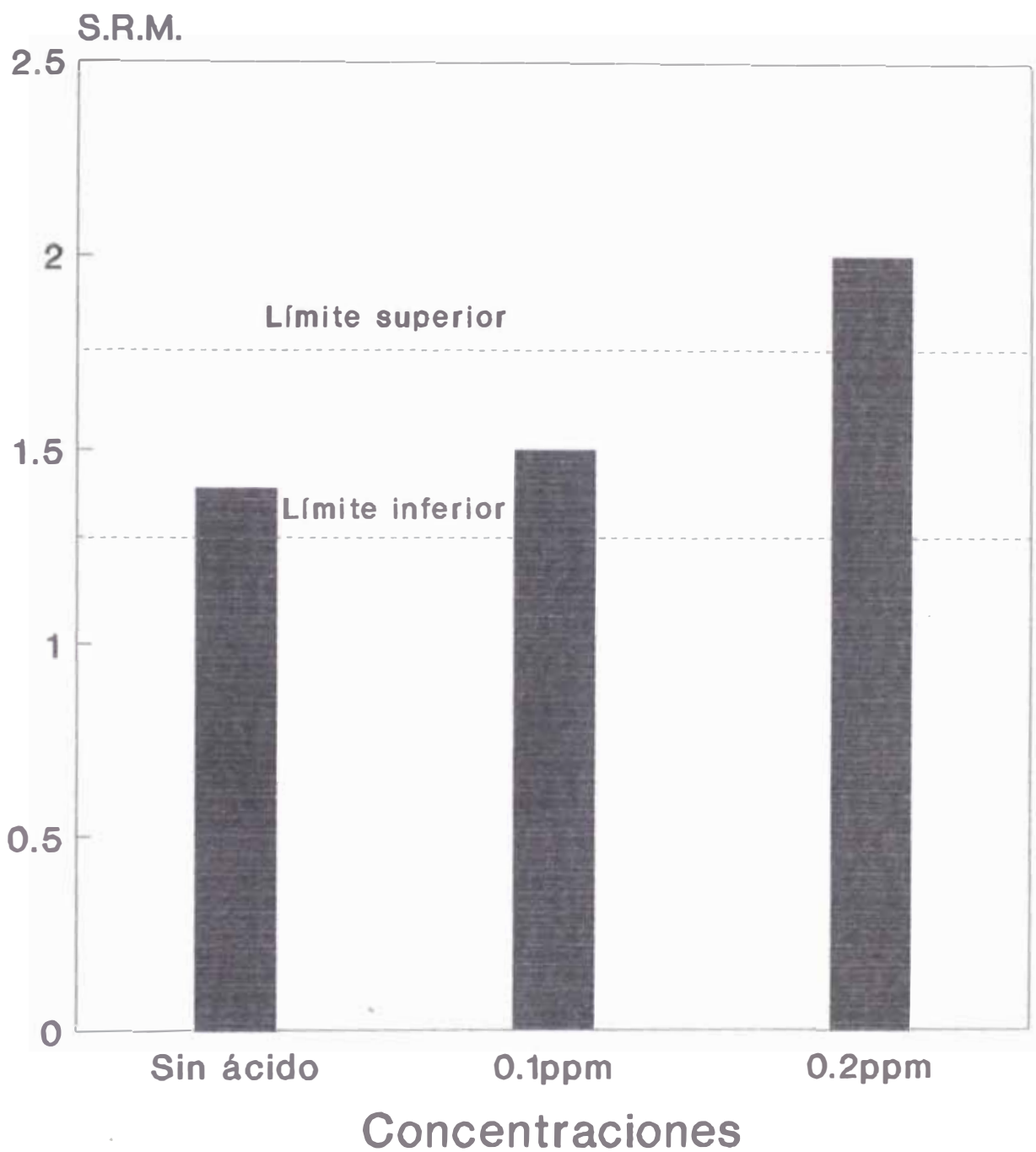


Gráfico 5-1

UNA 80

Diferencia en el Extracto

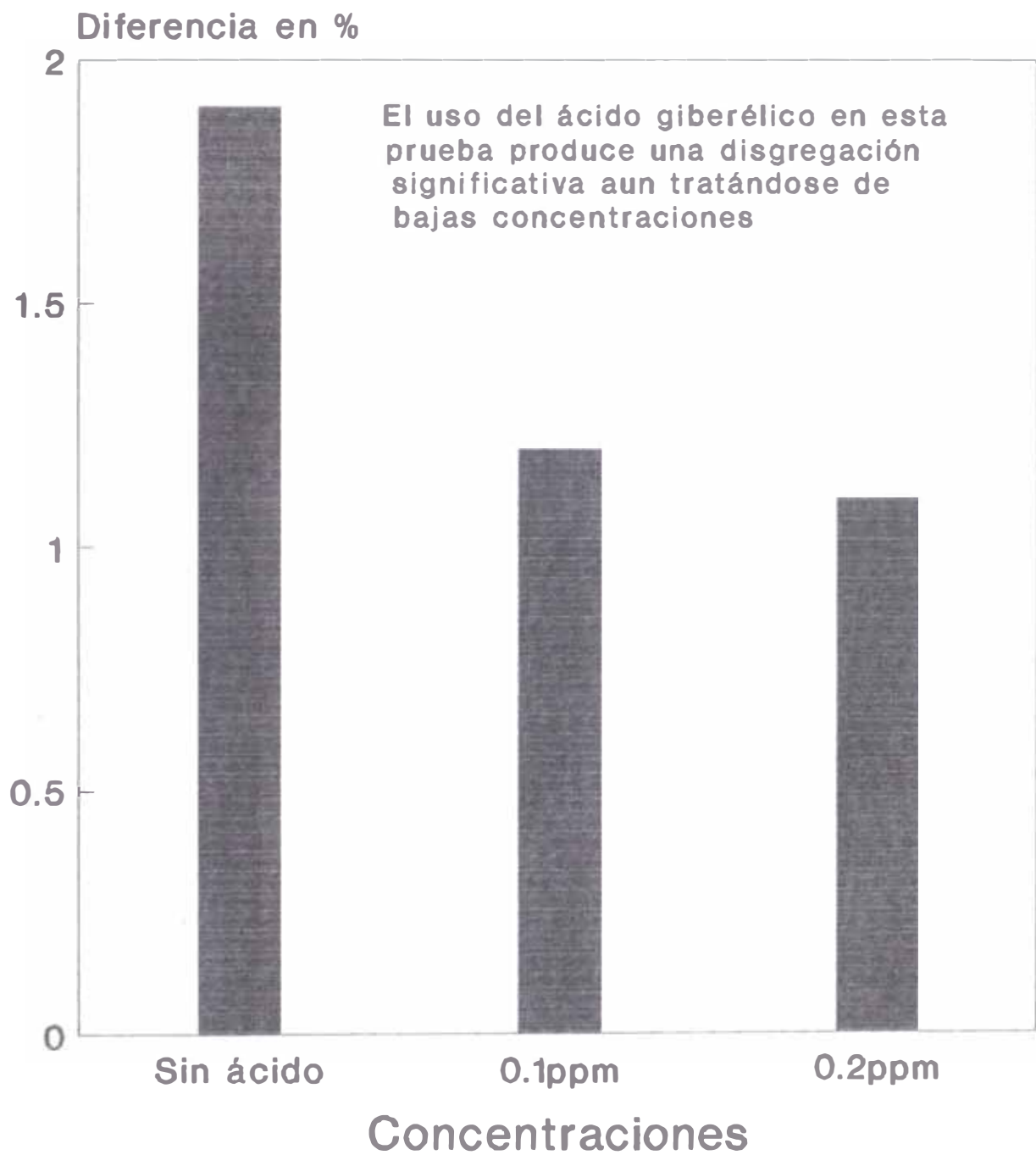


Gráfico 5-2

UNA 80

Proteínas Solubles

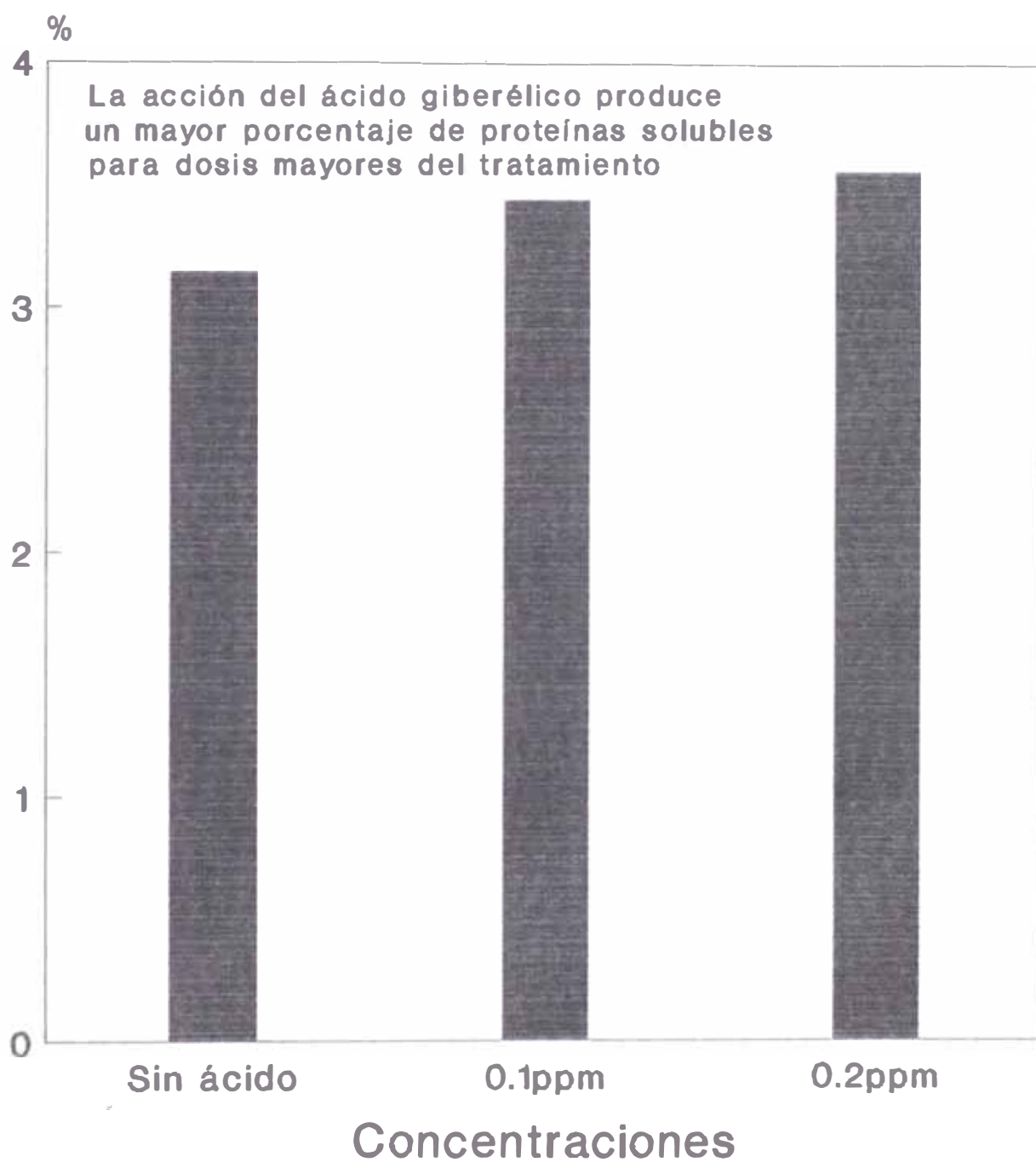


Gráfico 5-3

UNA 80

Indice de Kolbach

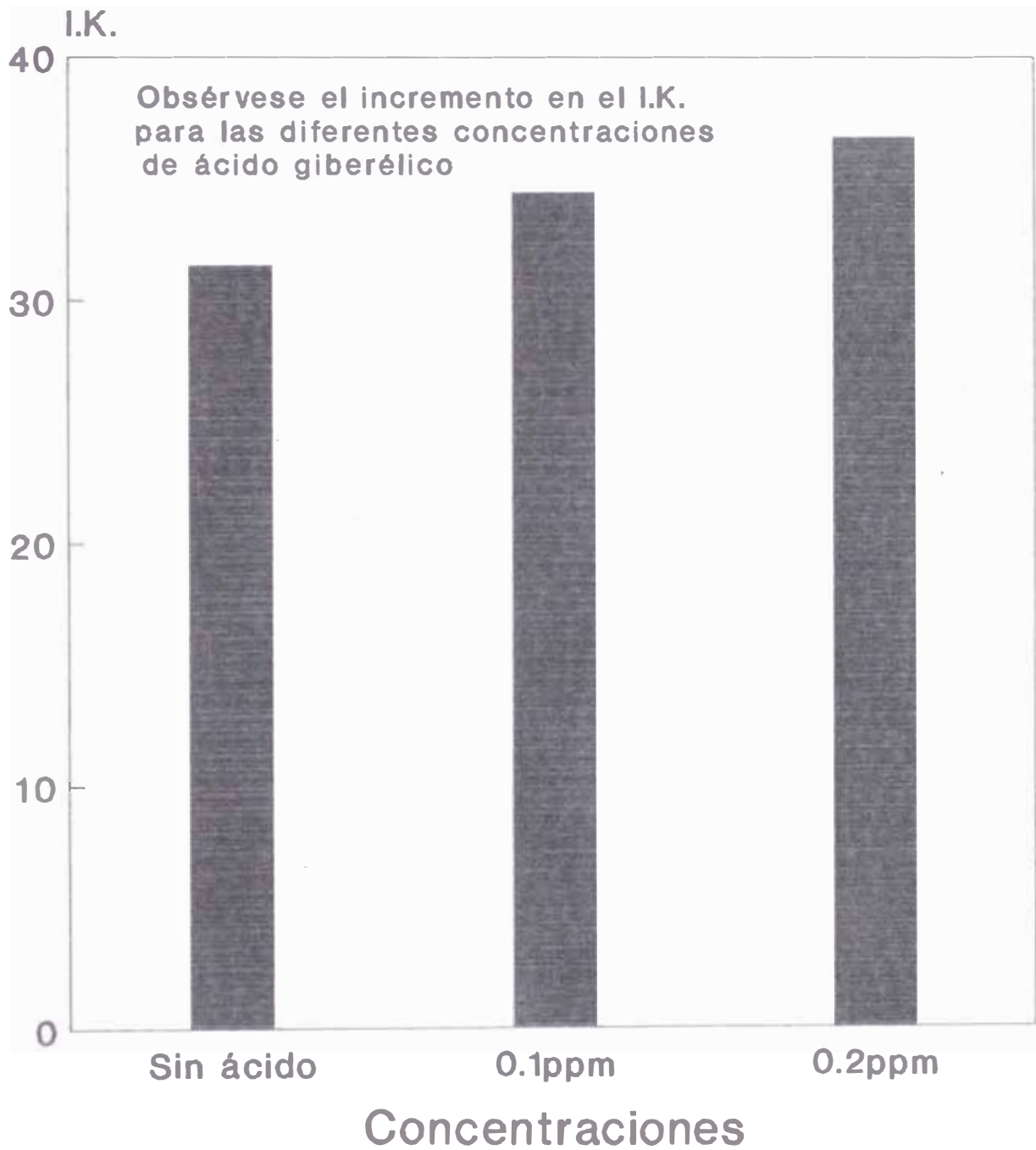


Gráfico 5-4

UNA 80

Nitrógeno Soluble

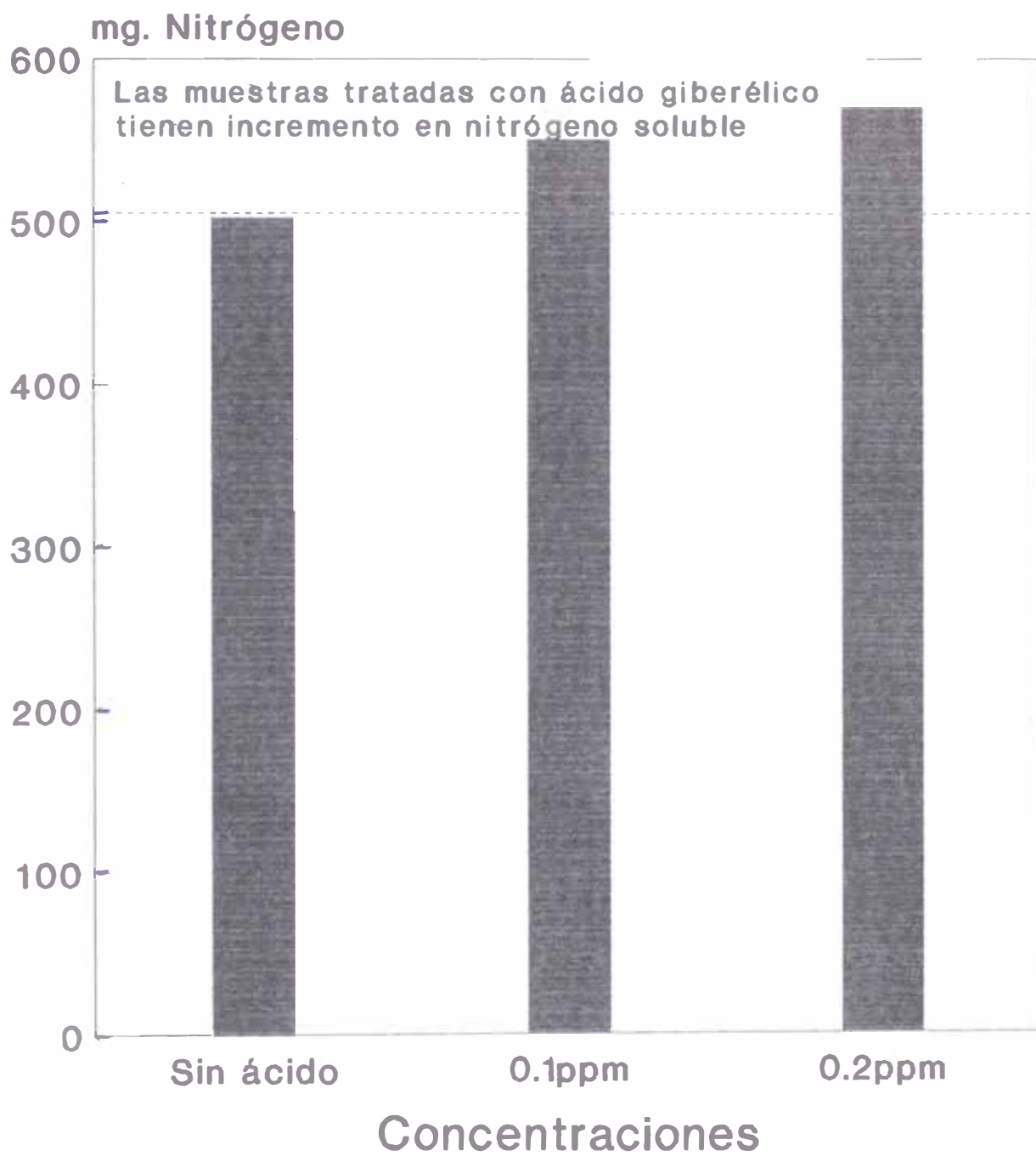


Gráfico 5-5

UNA 80

Pruebas de Viscosidad

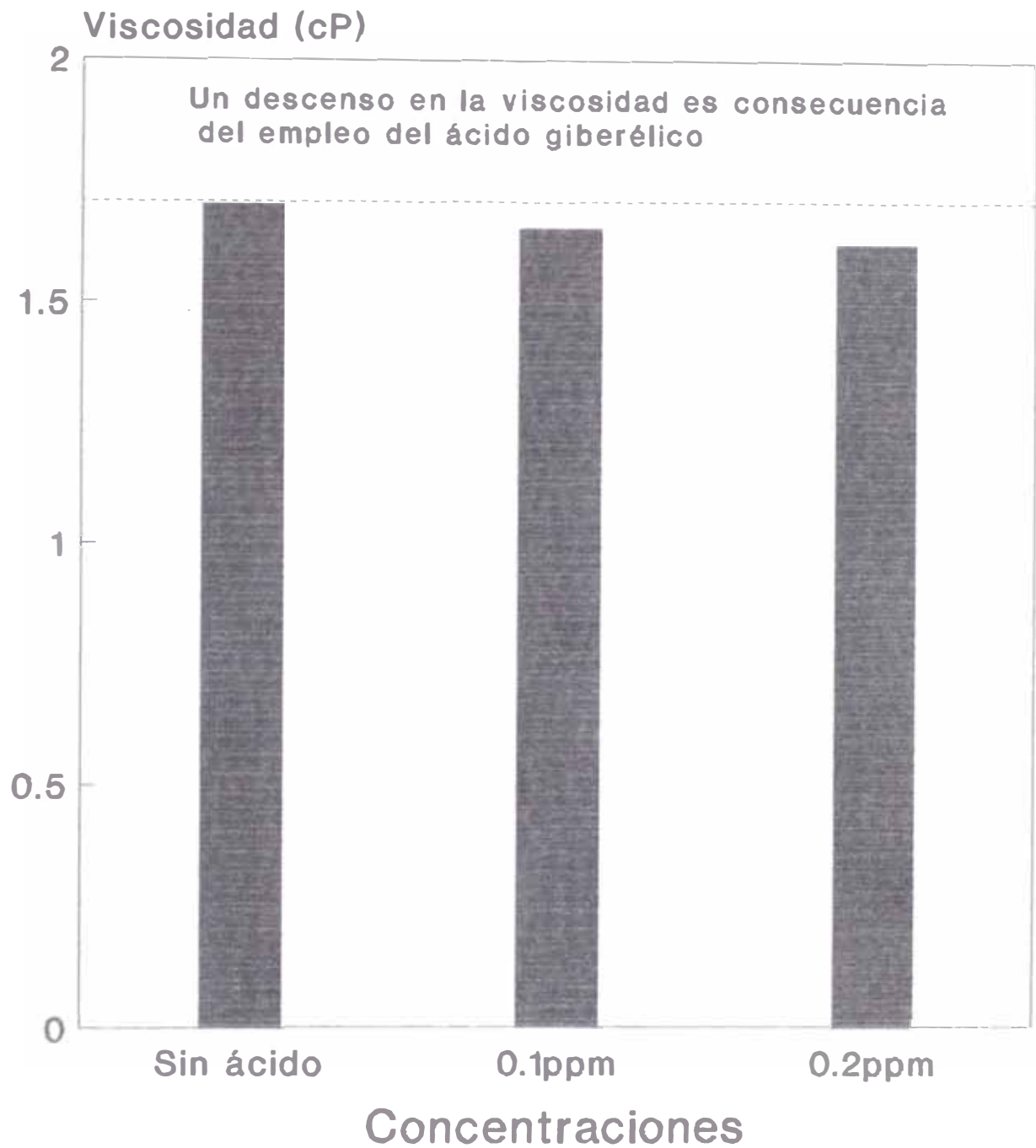


Gráfico 5-6

Cuadro Resumen de Aná isis

Variedad Yanamucio

PRUEBAS	Sin ácido	0,1 ppm	0,2 ppm
Humedad	5,2%	4,8%	5%
Sacarificación	5'a 7'	5'a 7'	5'a 7'
Olor	aromático	aromático	aromático
Grado de Claridad	claro	claro	claro
Color del mosto	1,6 SRM	1,8 SRM	2,2 SRM
Diferencia en el extracto	1,2	1	0,9
Proteínas totales	11,3%	11,2%	11,2%
Proteínas solubles	4,42%	4,91%	5,12%
Nitrógeno soluble	707 mg.	786 mg.	819 mg.
Indice de Kolbach	39,1%	43,8%	45,7%
pH	5,93	5,85	5,84
Viscosidad	1,75 cP	1,58 cP	1,50 cP

Yanamuclo Huancayo

Pruebas de Color

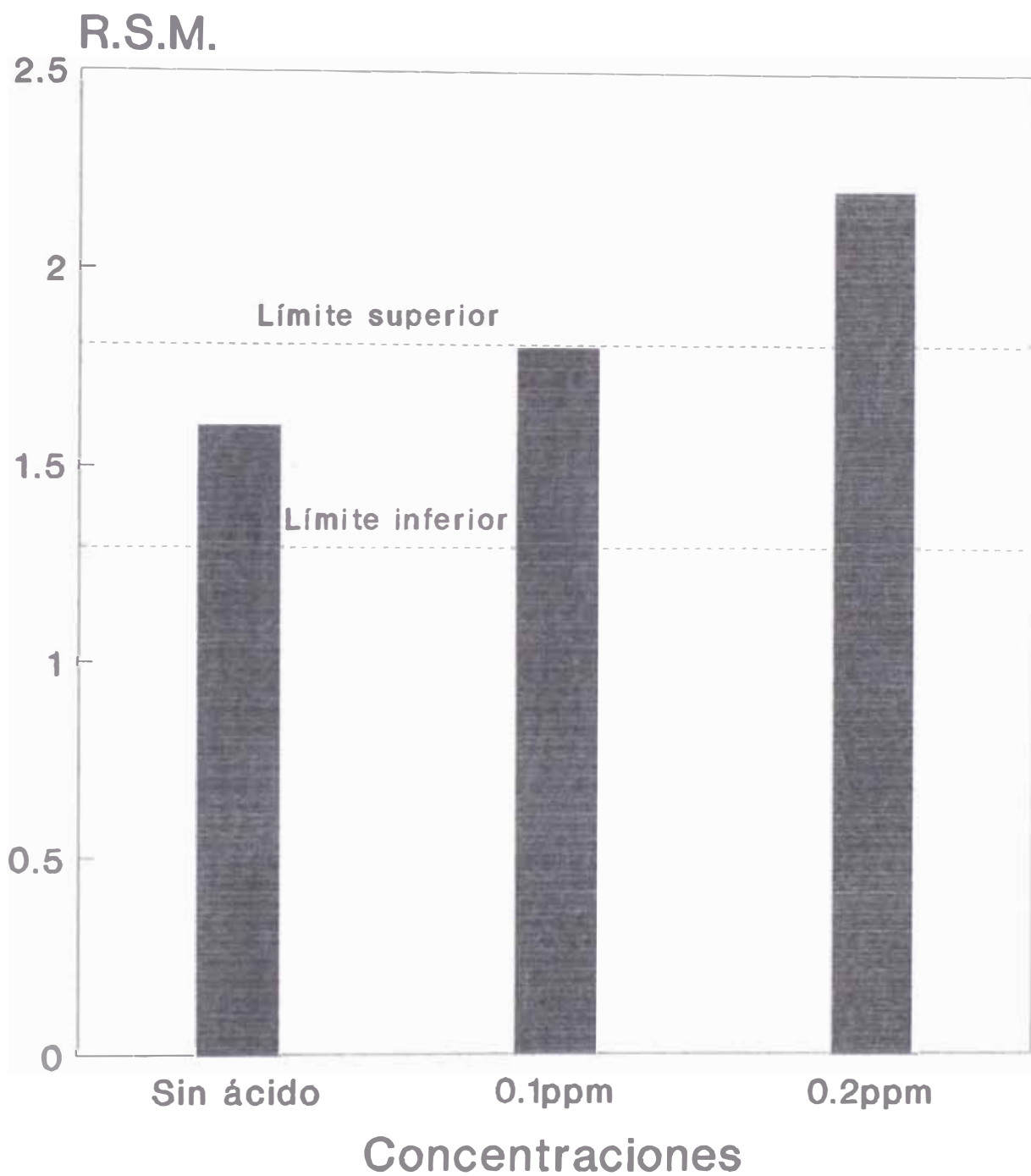


Gráfico 5-7

Yanamuclo Huancayo

Diferencia en el Extracto

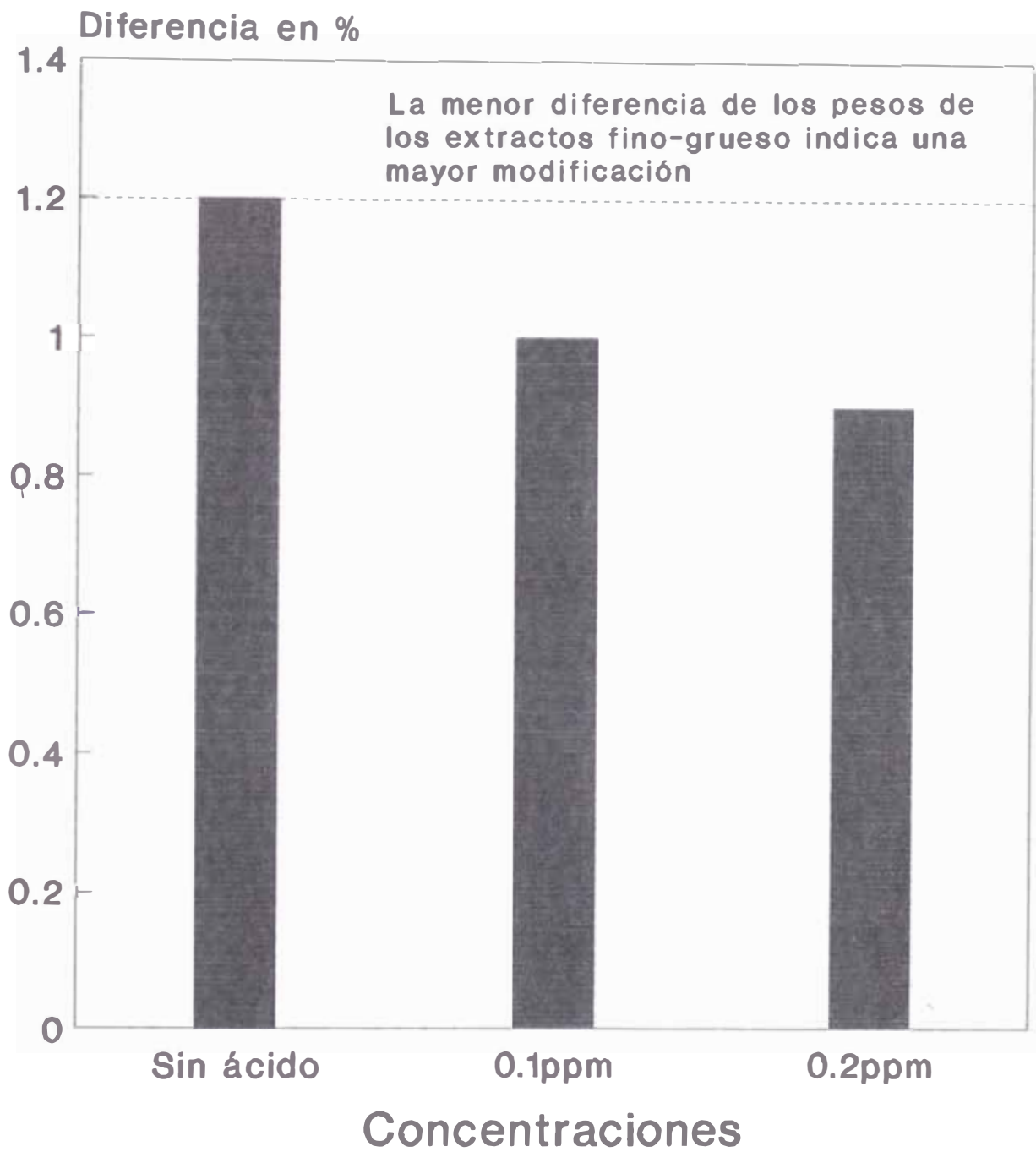


Gráfico 5-8

Yanamuclo Huancayo

Proteínas Solubles

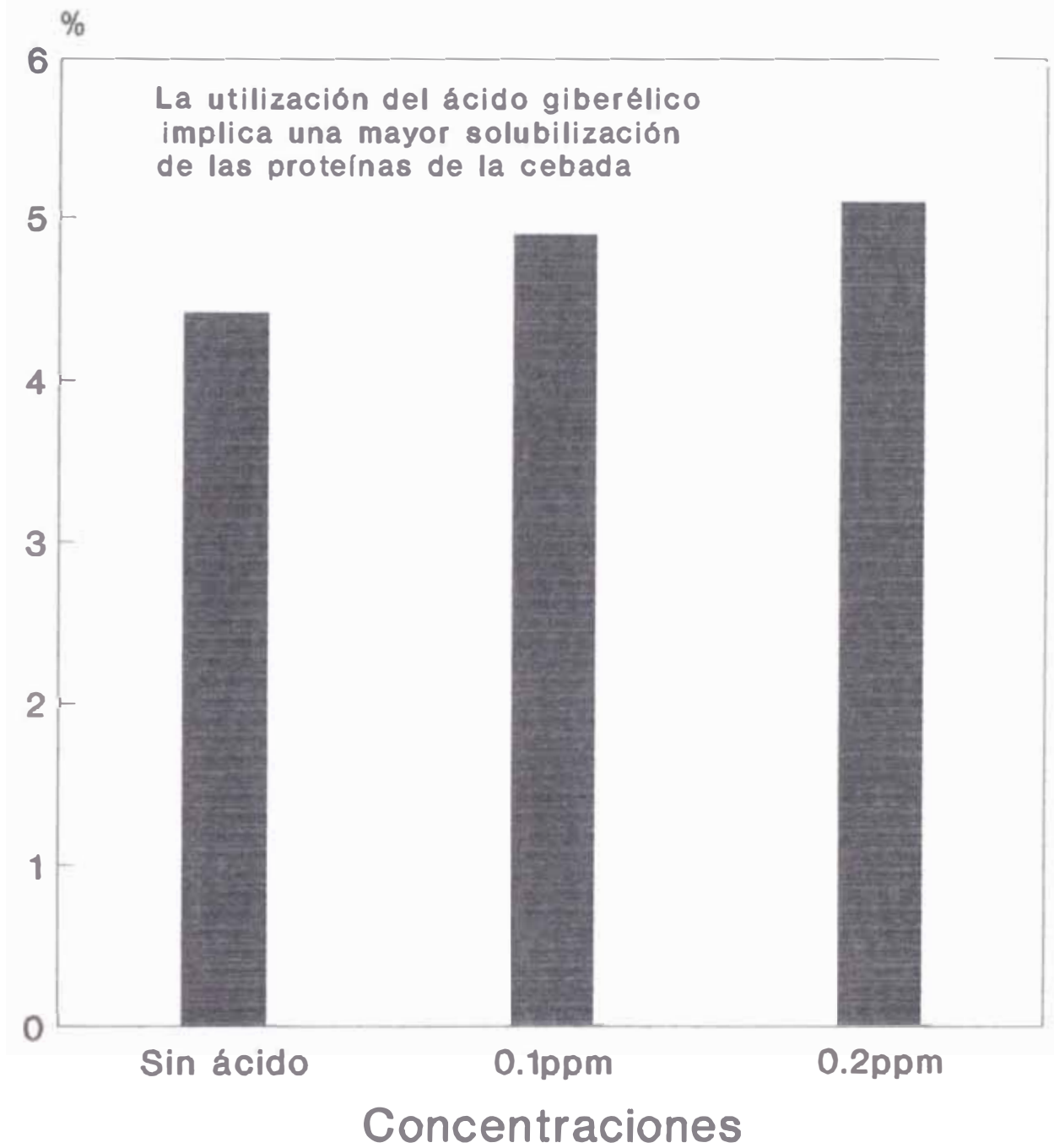


Gráfico 5-9

Yanamuclo Huancayo

Indice de Kolbach

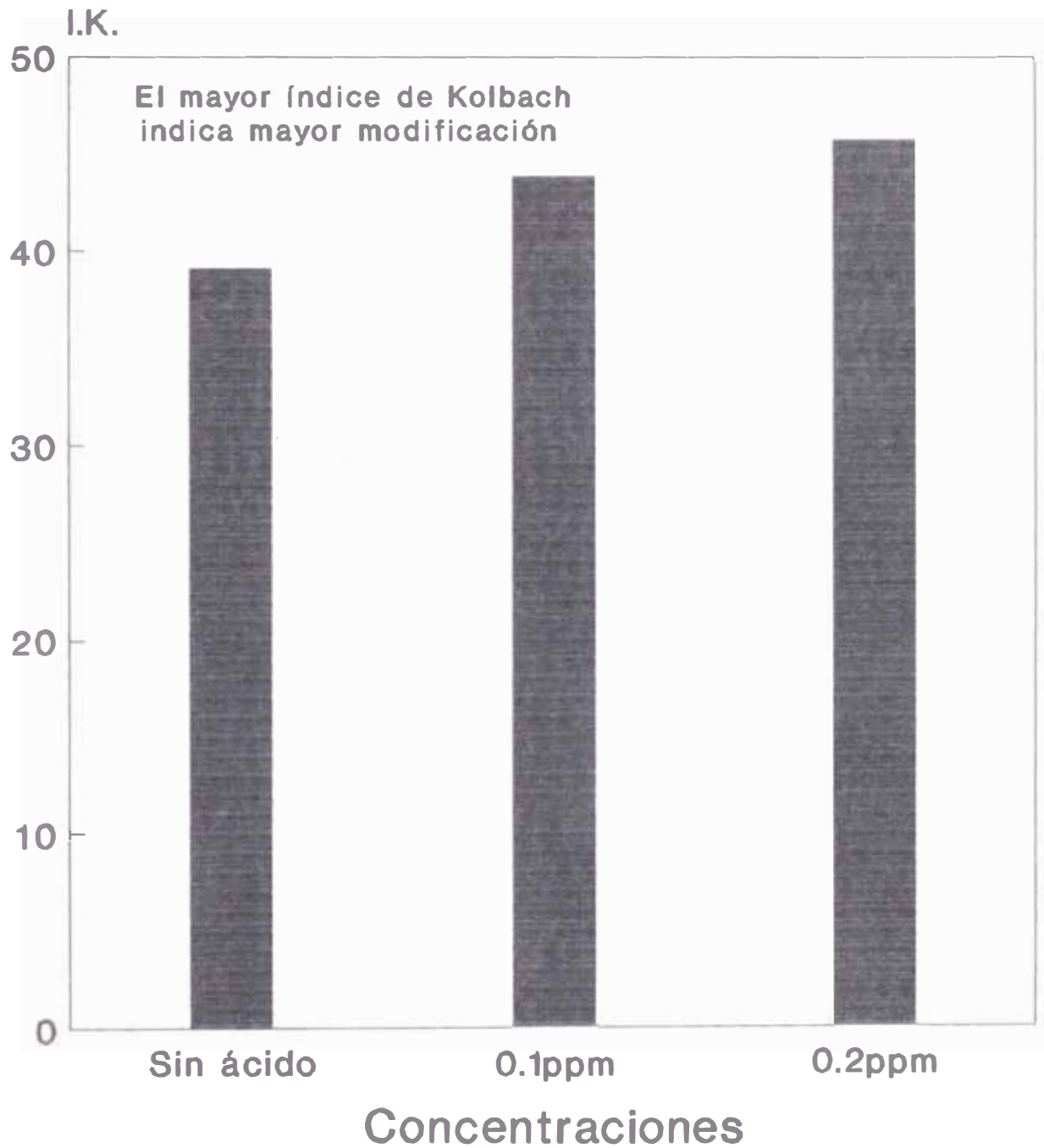


Gráfico 5-10

6. DISCUSION

El tratamiento realizado para la variedad UNA 80, arrojó notables mejoras en la diferencia fino-grueso; partiendo inicialmente de un valor de 1,9% para A (sin ácido), llegó a 1,2% para B (0,1 ppm) y 1,1% para C (0,2 ppm) obteniéndose de esta forma mayor **disgregación**; asimismo hay un aumento en el índice de Kolbach, de las proteínas solubles y del nitrógeno soluble tal como se observa en los gráficos.

En cuanto a la viscosidad y el pH, aunque el cambio no es grande indica mejoras en la modificación. Lamentablemente la **prueba de color del mosto** es una limitante para la utilización de la dosis de **0,2 ppm** puesto que la muestra C sobrepasa los valores permisibles para las condiciones dadas.

La pérdida de peso como consecuencia de una mayor respiración es una característica; para el desarrollo de germen la mayor proporción se **encontrará en el rango de $\langle 3/4-1 \rangle$ para las muestras B y C** mientras que para A es entre $\langle 1/2-3/4 \rangle$. El estado del endospermo tiene una ligera mejoría pues del 4% de granos vidriosos en A, **se llega a 2%** para B y C.

En lo referente al aspecto del mosto obtenido, el grado de claridad va de opalescente (A), a ligeramente opalescente (B) y finalmente claro (C); el

olor del macerado igualmente, de ligeramente aromático (A), llega a ser aromático para las muestras B y C. Por último el tiempo de sacarificación que es de 10 a 15 minutos para A y B, alcanza los 10 minutos en el caso de C, lo cual implica una mejor acción de las amilasas. Todo esto proporciona al producto final una mejor calidad.

Los resultados obtenidos con la variedad Yanamuelo Huancayo para las sucesivas pruebas D (sin ácido), E (0,1 ppm) y F (0,2 ppm) indican una modificación mayor para las dos últimas las cuales fueron tratadas con ácido.

La mejora más importante es en la viscosidad partiendo de 1,75 cP para D, llega a 1,58 cP y 1,50 cP para E y F respectivamente; también hay un incremento notorio en el índice de Kolbach, proteínas solubles y nitrógeno soluble, observándose de esta forma mayor acidez del mosto debido a la presencia de aminoácidos, fosfatos ácidos y neutros, lo cual es justificable si se tiene en cuenta el aumento de las proteínas solubles. En la diferencia de pesos de molienda fino-grueso la mejoría es regular, de 1,2% (D), pasa sucesivamente a 1% y 0,9% para E y F, lo cual es beneficioso ya que la diferencia ideal debe ser cero para las modificaciones perfectas. Todos estos aspectos son favorables según el método "Congreso" pues la malta proporcionará extractos que facilitarán su posterior tra

tamiento en las cervecerías.

Los análisis físicos simplemente complementan lo que está sucediendo a nivel estructural. La mayor respiración del grano, provoca una actividad enzimática más energética causando mayor pérdida de peso; se justifica igualmente el crecimiento del germen, pues la muestra F incrementa su proporción; finalmente el estado del endospermo tiene una ligera mejoría al haber mayor cantidad de granos harinosos.

La variedad clipper de procedencia australiana es una típica cebada cervecera y no presenta inconvenientes en el malteo; su disgregación ocurre en forma natural y el empleo del ácido giberélico no la modifica significativamente, así como tampoco hay necesidad de un mayor tratamiento.

Las mejoras obtenidas según los análisis químicos para un tiempo de germinación de 4 días no son muy significativas. Las pruebas como diferencia de los extractos fino-grueso, índice de Kolbach, nitrógeno soluble, pH, viscosidad, desarrollo de germen y estado del endospermo indican leves cambios favorables para la muestra H (0,1 ppm) con respecto a G (sin ácido).

Para un tiempo de germinación de 5 días, sucede prácticamente lo mismo entre las muestras I (sin ácido) y J (0,1 ppm) es decir que las mejoras son muy ligeras; en cuanto al desarrollo de germen y estado

del endospermo se observa que los resultados son óptimos en ambos a la vez que iguales. Sin embargo el color vuelve a ser aquí un factor limitante pues la muestra J escapa del rango permisible.

Al comparar los resultados obtenidos para las muestras H (4 días de germinación, con ácido) e I (5 días de germinación, sin ácido) se observará que los resultados grados son prácticamente idénticos, demostrándose de esta forma que el ácido giberélico puede disminuir el tiempo de germinación de 5 a 4 días.

El presente trabajo ha fijado las condiciones de micromalteo como las mismas con que se trabaja en las instalaciones de Malteria Lima S.A.; por lo tanto no puede hablarse de resultados óptimos, para los tipos de cebada analizados. Es muy probable inclusive, que la dosis de 0,2 ppm pueda utilizarse si cambiamos las condiciones de temperatura y humedad durante la germinación.

7. RESUMEN

La necesidad de ser cada vez más competentes y de dar a los clientes un producto de mucha mejor calidad, ha motivado a Maltería Lima S.A. ha probar el uso del ácido giberélico, de utilización más o menos difundida en malterías europeas.

El malteo de cebadas típicamente cerveceras (importadas) no es muy complicado, ya que se programa el proceso, sobre los análisis previos de cebada; además el producto obtenido es de una excelente calidad maltera.

El Perú no produce cebadas propiamente **cer-
veras**, debido posiblemente a las condiciones del suelo y del clima; son poquísimas las variedades que pueden maltearse y menos aún se puede tener la certeza de obtener un buen producto, pues el comportamiento de estas variedades en mucho de los casos es muy cambiante y se hace una necesidad imperiosa trabajar siempre a nivel de micromalteo para sacar el mayor provecho posible.

El uso del ácido giberélico en la dosis de 0,1 ppm mejora enormemente la calidad de malta para las variedades nacionales; la modificación es mucho más completa y en algunos casos su uso se puede volver

una necesidad. La menor diferencia fino-grueso, un mayor índice de Kolbach, un aumento en **las proteínas solubles** así como en el nitrógeno soluble: un extracto menos viscoso, a la vez que más claro y aromático son algunas de las conclusiones a la que el **presente trabajo** ha llegado; el ácido giberélico **es** pues capaz de mejorar la malta.

En nuestro medio lo que se sabe de maltería no es un conocimiento teórico sino más bien práctico. **La bibliografía** existente no es amplia: los malteros han ganado experiencia a través de pruebas **y errores**; además se debe tener en cuenta que una malta puede ser perfecta desde el punto de vista de maltero pero no **del cervecero**. El cervecero es quien propone las características que deberá tener la malta y es el maltero quien según la materia prima que tenga deberá trabajar para tal efecto. El uso del ácido giberélico va a proporcionar a éste último una herramienta mas para resolver problemas de cebada de difícil manejo.

8. BIBLIOGRAFIA:

- (1) De Clerk, Jean. Brewing (Tomo I), Chapman & Hall, Ltda. London. 1965
Nro. de páginas: 586
- (2) Ríos, Luciano. Recopilación de Información sobre Maltería, Maltería Lima S.A., Ñaña.
- (3) Filgueiras, Antonio. Manual, Maltería Lima S.A., Ñaña. 1979
Nro. de páginas: 368
- (4) Ferrand Lamich, José. Variedades de Cebada y Cerveza, Editorial Aedos . Año: 1969
Nro. de páginas: 192
- (5) Carrasco Torromé, B. Maltería, Editorial Aguilar.
Año: 1964
Nro. de páginas: 174
- (6) Molina J.,J. Enero 1988. Mejora de Cebadas Cerveceras. Revista: Cerveza y Malta. Volumen: XXIII:
Páginas: 9 - 14

- (7) Kirk, Raymond E., Othmer, Donald F., Scott, Janet D., Standard, Anthony. Enciclopedia de Tecnología Química (Tomo X), Editorial: Unión Tipográfica, México
- (8) Villaorduño Villarreal, Gladys Mirella. Tesis: Efecto del ácido giberélico y cloruro de Mepiquat en el rendimiento del frijol de Castilla de crecimiento determinado en Campaña de Verano. Universidad Nacional Agraria La Molina Facultad de Agronomía
- (9) García Bermejo, J. y Activo M.. A. Abril 1988
Análisis de Malta: Una revisión general. Revista: Revista: Cerveza y Malta. Volumen: XXV. Páginas: 20 - 25