

# MEJORA DE LAS CEBADAS CERVECERAS

Aunque la cebada cervecera supone un pequeño porcentaje de la cosecha total española de cebada (menos del 5% para una cosecha de 8.000.000 t), su importancia para el agricultor puede ser grande debido al mayor precio que alcanza en el mercado, más aún teniendo en cuenta la gran apetencia que hay de este producto en la C.E.E. Es, por tanto, en las circunstancias actuales, un cultivo que puede alcanzar cotas de rentabilidad interesantes para los agricultores de muchas regiones españolas, y asimismo, para los comerciantes y almacenistas de grano.

## Conceptos de calidad maltera y cervecera

Las materias primas principales para la fabricación de la cerveza son: malta de cebada, agua, levadura y lúpulo. La malta de cebada es la fuente principal de hidratos de carbono del mosto, aunque no la única, pues en la mayor parte de los países del mundo pueden usarse, además, fuentes alternativas, como sémola de maíz, granos partidos de arroz, etc.

Desde este punto de vista hay dos procesos claramente diferenciados, la transformación de cebada en malta y la fabricación de la cerveza propiamente dicha.

La malta es la cebada germinada y tostada, para conseguir:

a) Hacer los gránulos de almidón accesibles a las enzimas amilolíticas que, a su vez, se generan durante la germinación del grano. Esta accesibilidad se consigue mediante la digestión enzimática de las paredes celulares, constituidas fundamentalmente por hidratos de carbono de alto peso molecular, y de la matriz proteínica que contienen los gránulos de almidón. Esta digestión se realiza mediante la acción de enzimas liberadas, a su vez, durante el proceso de germinación.

b) El cese de todos los procesos anteriores, a través del secado y tostado, sin alterar las propiedades enzimáticas de la malta así producida.



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

Es, pues, lógico considerar dos aspectos en la calidad de la cebada: el maltero y el cervecero, que, obviamente, no son intercambiables sino complementarios.

Las diferentes facetas de la calidad que influyen sobre los parámetros que definen, además, el tipo de cerveza que se quiera producir, por ejemplo, Pilsen, Munich, etc., y el protocolo de fabricación que se siga. Aquí se hace referencia a malta para cerveza tipo Pilsen fabricada según el sistema más usual seguido en España.

Hay que señalar, además, que muchos de los caracteres que enumeramos a continuación, o bien están correlacionados o son consecuencia unos de otros, siendo, sin embargo, convencionales a la hora de definir la calidad.

Una variedad de cebada de alta calidad maltera debe poseer una serie de características físicas y bioquímicas. Entre las primeras (tabla 1) se cuentan: un grano grueso y redondeado de tamaño uniforme (he aquí uno de los problemas de las cebadas de seis carreras) de color amarillo claro, con una cascarilla (glumillas) fina y rizada y libre de infecciones de microorganismos. Entre los



**Tabla 1**  
CALIDAD MALTERA EN LA CEBADA

**1. ASPECTOS FISICOS DEL GRANO**

- Tamaño grueso y uniforme.
- Forma redondeada.
- Cascarrilla (glumillas) fina y rizada.
- Color amarillo claro.
- Libre de infecciones de microorganismos.

**2. ASPECTOS BIOQUIMICOS**

- Ausencia de durmición.
- Buena capacidad de absorción de agua.
- Germinación rápida y uniforme.
- Máximo redimiento en malta (mínimas pérdidas de peso por respiración, por raicillas y plúmula).
- Desagregación (digestión enzimática de las paredes celulares y matriz proteínica) máxima y uniforme. Elevada actividad proteolítica y citolítica.
- Índice de Kolbach (relación porcentual entre nitrógeno total del grano de malta y nitrógeno del mosto) elevado y equilibrado.

bioquímicos: baja capacidad de durmición y buena capacidad de absorción de agua. Debe ser capaz de germinar uniformemente y en un tiempo mínimo, produciendo la mayor cantidad de malta posible por unidad de peso de cebada. El grano de malta así producido debe estar máxima y uniformemente desagregado, es decir, los gránulos de almidón deben haber quedado completamente liberados de su envuelta hidrocarbonada y proteínica para hacerse accesibles a la acción de las amilasas durante el braceado; esto se nota en que la textura del endospermo es «friable», es decir, se aplasta con facilidad al apretarlo contra una superficie dura.

Una medida química de lo anterior puede ser la relación porcentual entre el nitrógeno total de la malta y la parte del mismo que se solubiliza, pasando al mosto.

La calidad cervecera propiamente dicha de una malta, se analiza desde dos puntos de vista, asimismo complementarios (tabla 2). Desde el punto de vista económico, la malta deberá producir un elevado rendimiento en extracto (máximo volumen de mosto obtenido por kilo de malta). Factores correlacionados negativamente con el extracto son los porcentajes de proteína total y de cascarrilla (glumillas) del grano de malta.

Haber desarrollado durante la germinación la suficiente cantidad de enzimas amilolíticas (alfa y beta amilasas) para degradar completamente el almidón durante el braceado (infusión).

Producir un mosto cuya fermentabilidad sea máxima y con la cantidad suficiente de aminoácidos en solución para que la alimentación de la levadura sea óptima.

Desde un punto de vista estrictamente cualitativo, la malta debe estar lo suficientemente desagregada y tener un bajo contenido de beta glucanos, para que la viscosidad del mosto sea baja y la filtración del mismo, en consecuencia, fácil.

El mosto debe ser de color claro, con bajo contenido de polifenoles (aumentando así la estabilidad coloidal y, en consecuencia, la vida de la cerveza) y ausencia de sabores y olores extraños.

La cerveza terminada debe tener color, olor y gusto correctos.

La gran abundancia de parámetros cualitativos hace que, a causa de sus indudables diferencias en importancia, sea difícil valorar un análisis de malta. Esta dificultad ha hecho que se esté formulando por el Comité de Cebada y Malta de la Convención Cervecera Europea (EBC) un índice de calidad que permite expresar, mediante una sola cifra, la calidad global de una variedad de cebada.

**Tabla 2**  
CALIDAD CERVECERA EN LA CEBADA

**1. ASPECTOS ECONOMICOS**

- Rendimiento en extracto elevado (máximo volumen de mosto obtenido por kg de malta). Desfavorable en las cebadas hexásticas.
- Porcentaje de proteína total moderadamente bajo (correlacionado negativamente con el extracto).
- Porcentaje mínimo de glumillas, en peso (asimismo correlacionado negativamente con el extracto).
- Actividad suficiente en las enzimas amilolíticas (alfa y beta amilasas).
- Atenuación límite elevada (buena fermentabilidad del mosto).

**2. ASPECTOS CUALITATIVOS EN SENTIDO Estricto**

- Baja viscosidad del mosto (facilidad de filtración).
- Bajo contenido en beta glucanos del mosto (idem).
- Elevado contenido de aminoácidos en el mosto (para alimentación de la levadura).
- Mosto de color claro.
- Mosto con bajo contenido de polifenoles (estabilidad coloidal de la cerveza, elevada).
- Ausencia de sabores y olores extraños en el mosto.
- Color, olor y gusto correctos de la cerveza terminada.



## Heredabilidad de los parámetros que expresan la calidad

Aunque existe alguna excepción, la mayor parte de los parámetros que miden la calidad maltera y cervecera son de herencia cuantitativa, es decir, son caracteres poligénicos influibles en mayor o menor grado por el ambiente.

En estos casos es fundamental estudiar la heredabilidad, es decir, la proporción de la varianza total que es atribuible a efectos genéticos, o dicho más llanamente, la medida en la que el ambiente influye en la expresión del carácter para, de esta forma, inferir la respuesta a la selección. En la tabla 3 se presentan los resultados de una revisión bibliográfica realizada al efecto, que muestran que la heredabilidad en sentido amplio toma valores bastante elevados en ciertos caracteres importantes desde el punto de vista económico, esto es, rendimiento en extracto, actividad de las enzimas amilolíticas, medida del grado de desagregación (viscosidad e índice de Kolbach) y contenido de gomas (beta glucanos).

En el caso de las gomas, un estudio realizado en España para analizar la influencia

sobre las mismas de la variedad (efectos genéticos) y la localidad y fecha de siembra (efectos ambientales) mostró que los efectos genéticos explicaban el 89% de la variabilidad sobre localidades y el 71,5% de la variación entre localidades y fechas de siembra, siendo este último factor más importante que el punto geográfico. Se mostró, además, que a fecha de siembra más tardía, mayor contenido de gomas del grano resultante.

Es necesario señalar que la interacción genotipo por ambiente, es decir, la diferente ordenación de variedades desde el punto de vista cualitativo en ambientes diferentes, juega a veces un papel importante en la expresión de la calidad.

Entre los caracteres importantes que son de herencia simple (monogénica recesiva en este caso) está el bajo contenido de polifenoles del grano de cebada. Estos mutantes libres de proantocianidinas (sustancia precursora de los antocianógenos) producen cervezas con muy elevada estabilidad coloidal y su estudio y utilización por los mejoradores está tomando gran auge en Europa.

Podemos, pues, concluir este apartado con la siguiente reflexión: puesto que la mayor parte de los caracteres importantes tienen

Tabla 3

### HEREDABILIDAD (1) DE ALGUNOS CARACTERES DE CALIDAD MALTERA Y CERVECERA

Autor	Año	Carácter	h <sup>2</sup>
Hsi y Lambert	1954	Poder diastático	alta
Necas	1960	Alfa amilasa	alta
Necas	1960	Beta amilasa	alta
Rutger y col.	1966	Extracto	0,69
Rutger y col.	1966	Poder diastático	0,86
Rutger y col.	1966	Beta amilasa	0,89
Rutger y col.	1966	Alfa amilasa	0,78
Rutger y col.	1966	Nitrógeno total en malta	0,77
Rutger y col.	1966	Nitrógeno total en mosto	0,31
Rasmusson y Glass	1967	Extracto	0,22-0,66
Rasmusson y Glass	1967	Poder diastático	0,52-0,87
Foster y col.	1967	Extracto	0,71
Foster y col.	1967	Poder diastático	0,79
Foster y col.	1967	Nitrógeno total en malta	0,80
Piendl	1972	Extracto	(2) alta
Piendl	1972	Atenuación límite	(3) muy alta
Piendl	1977	Extracto (molienda fina)	muy alta
Piendl	1977	Extracto (molienda gruesa)	muy alta
Piendl	1977	Diferencia fina-gruesa	(4) alta
Piendl	1977	Índice de Kolbach	(4) alta
Piendl	1977	Viscosidad	(4) alta
Hayter y Riggs	1978	Poder diastático	alta
Hayter y Riggs	1978	Alfa amilasa	alta
Molina-Cano	No publicado	Gomas	0,79
Lance	1984	Beta glucanos	(5) 0,73
Piper y Rasmusson	1984	Proteína total en cebada	0,54
Buraas y Skinnes	1984	Letargo del grano de cebada	(5) 0,69-0,80

(1)

$$h^2 = \frac{V_G}{V_F}$$

siendo h<sup>2</sup> = heredabilidad en sentido amplio (0 ≤ h<sup>2</sup> ≤ 1).

V<sub>G</sub> = varianza genética (mide efectos genéticos).

V<sub>F</sub> = varianza fenotípica (mide efectos genéticos más ambientales).

(2) Depende más de la variedad y año que de la tecnología maltera.

(3) Depende, exclusivamente, de la variedad.

(4) Depende, además, de la tecnología maltera.

(5) Heredabilidad en sentido estricto.



una heredabilidad elevada, podremos seleccionar genotipos que los muestren en el grado de expresión que más nos convenga. Es decir, la selección de variedades de alta calidad es genéticamente posible.

### **Evaluación de la calidad maltera y cervecera en programas de mejora**

Las técnicas de evaluación de la calidad maltera y cervecera en programas de mejora de cebadas, difieren de los procedimientos convencionalmente empleados en los laboratorios de control de calidad de la industria, fundamentalmente por las siguientes razones:

- a) El gran número de muestras/año que se han de analizar.
- a) El pequeño tamaño de cada muestra, dado el poco grano disponible de cada genotipo.
- a) La gran rapidez con que hay que disponer de los resultados: normalmente debería disponerse de ellos en un tiempo no mayor del que media entre la recolección y la siembra siguiente.

Como consecuencia de lo anterior, se postula que un método de evaluación cualitativa debe reunir las siguientes características:

- a) Uso de muestras de pequeño tamaño.
- b) Gran rendimiento en muestras analizadas/día/hombre.
- c) Economía de manejo.
- d) Suficiente reproductibilidad de los resultados analíticos, si bien no importa que ésta sea inferior a la necesaria en control de calidad industrial.

Las técnicas de evaluación referidas pueden agruparse en dos grandes grupos:

- a) Pruebas de predicción: sin maltear la cebada.
- b) Pruebas convencionales: malteando la cebada.

Las primeras, que primitivamente se llamaron ensayos previos, consisten en inferir la calidad de una muestra de cebada que no ha sido transformada en malta; es decir, predecir el nivel de calidad que tendría la cerveza producida a partir del mosto fabricado con malta de la misma. Este tipo de pruebas comenzaron a diseñarse a finales de la década de los 30 en Canadá, cuando comenzó a estudiarse la herencia de los caracteres cerveceros y culminaron con su formulación definitiva. Consisten en esencia, en determinar el extracto potencial y la actividad enzimática potencial en harina de cebada, previa digestión, en el primer caso con una solución de enzimas de malta, y en el segundo, con papaína.

En definitiva, con los ensayos previos se eliminaba el engorro de micromaltear a expen-

sas de una evaluación cualitativa harto dudosa.

El siguiente paso consistió en diseñar micromalterías adecuadas a los requerimientos de los programas de mejora, la primera de las cuales fue puesta a punto en Cambridge. Estas usaban tubos de ensayo como recipientes de la cebada en remojo y germinación, y pequeñas bolsas de malla o bandejillas de alambre para el secado y tostado; operaciones éstas que se realizaban, respectivamente, en germinadores y estufas de laboratorio.

Un prototipo más evolucionado fue el de WEIHENSTEPHAN.

Siguiendo esta moda, en La Cruz del Campo, S.A. de Sevilla se diseñó un método paralelo.

La etapa siguiente ha visto el desarrollo de un gran número de prototipos de micromalterías automatizadas, capaces de maltear más de 300 muestras de entre 20 y 80 g de cebada, por ciclo de 7 a 8 días. En la técnica de BENDELOW se ha implantado la novedad de liofilizar la malta en vez de secarla y tostarla, lo cual, según dicho autor, aumenta la fiabilidad y poder discriminatorio del método.

La que pudiéramos llamar última generación de métodos de evaluación de la calidad cervecera en mejora de cebadas se caracteriza por:

- a) Vuelta a las pruebas predictivas: no malteo.
- b) Automatización de los análisis.
- c) Informatización.

Como ejemplo de estos métodos está la modificación del método de sedimentación de





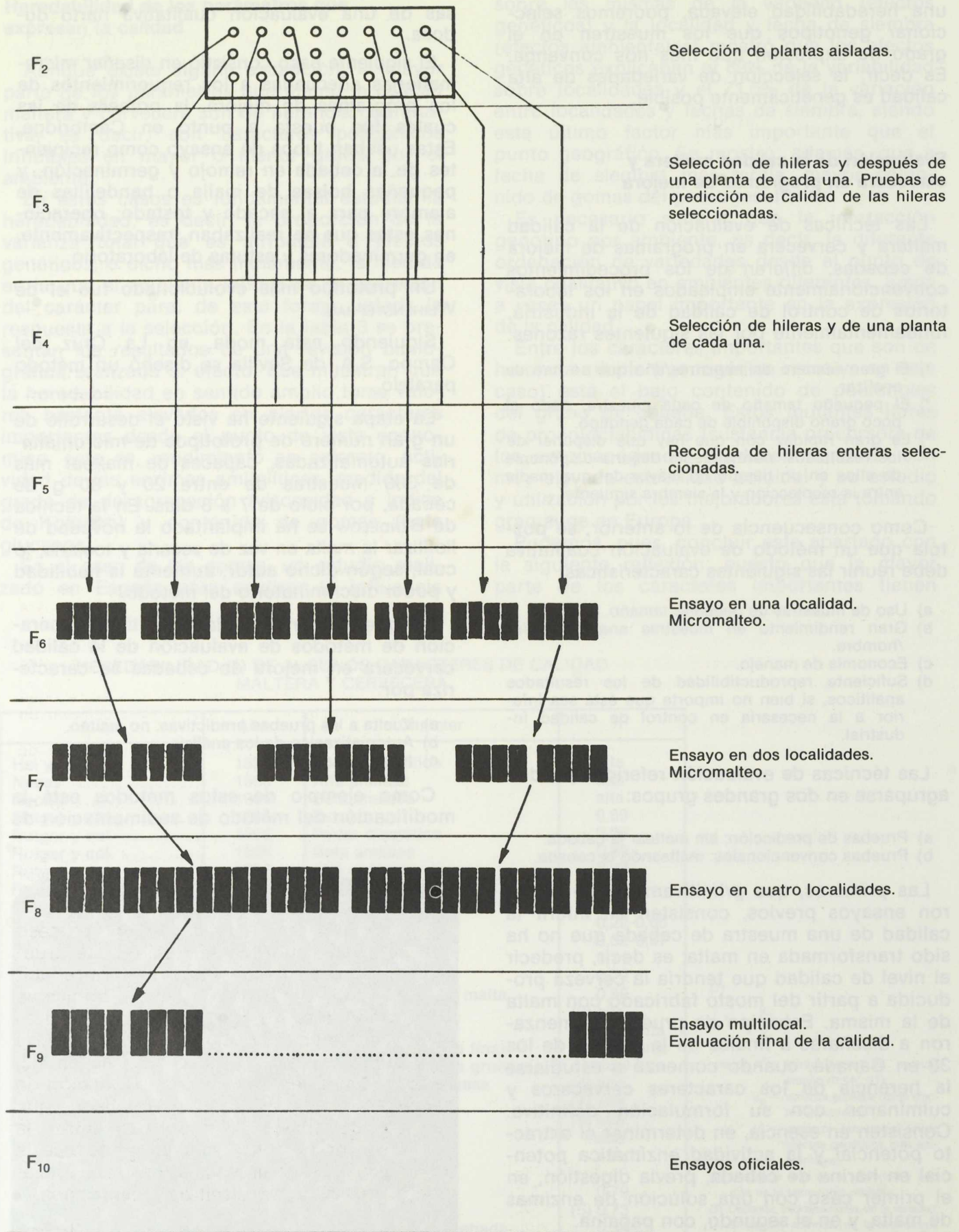


Fig. 1.—Método de progenie para la selección de variedades de cebada cervecera.



ZELNY; el uso de la electroforesis para predecir el poder diastásico y el extracto; el uso de una técnica viscosimétrica para determinar el contenido de beta glucanos y la predicción del extracto mediante regresión múltiple, basada en el contenido nitrogenado del grano y el contenido de glucosa y la viscosidad de un extracto ácido de harina de cebada.

En una discusión general sobre el tema fueron precisados tres puntos:

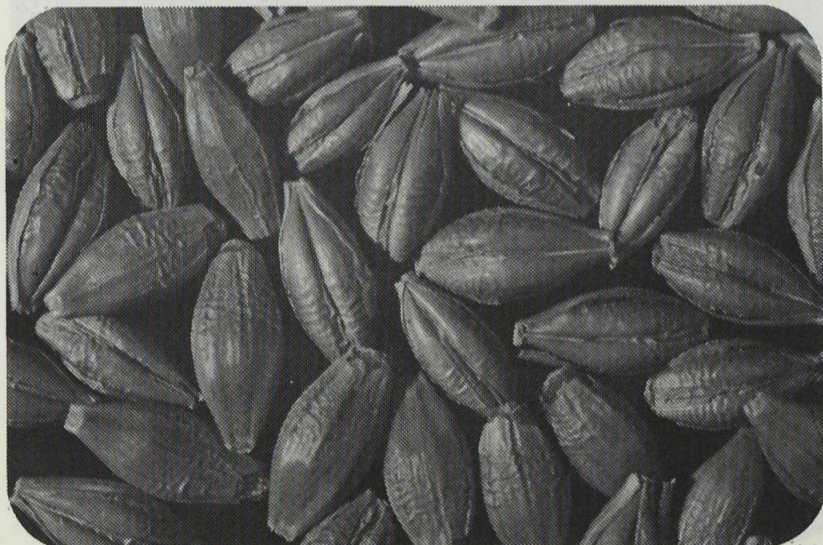
- a) Ninguna prueba sencilla a partir de la cebada sin maltear podrá predecir satisfactoriamente el nivel de calidad general de un genotipo de cebada.
- b) Las llamadas pruebas de predicción tienden a ser poco discriminatorias y de significado poco claro, midiendo en realidad diferencias que son más ambientales que genéticas.
- c) La malta es, en consecuencia, la base de partida más adecuada para la evaluación de los componentes de la calidad.

Hay, sin embargo, quien utiliza pruebas de predicción en generaciones jóvenes (F3 -F4) como métodos rápidos de cribado masivo, reservando las pruebas sobre malta para fases posteriores.

### Métodos de selección

Al ser de herencia cuantitativa los caracteres que expresan la calidad, surge la misma situación que en la mejora para rendimiento en grano, esto es, una selección muy temprana (F2 o F3) supone evaluar la calidad en genotipos altamente heterocigóticos, presentándose, pues, dos problemas:

- a) La heredabilidad en estas primeras generaciones es baja debido a la heterocigosis y a la influencia ambiental.
- b) Para realizar un cribado de esta índole, habría que analizar anualmente decenas de miles de genotipos.



El hecho de postergar el primer cribado cualitativo hasta generaciones posteriores (F5 o F6), realizando antes selección, exclusivamente para comportamiento agronómico, supone asumir el riesgo de perder muchos genotipos cualitativamente valiosos.

Una somera revisión de la literatura demuestra que pueden obtenerse respuestas modestas a la selección, pero aceptables, cuando se realiza el cribado en las primeras generaciones.

Parece pues, lo más recomendable seguir una estrategia, consistente en realizar un primer cribado sobre material F3 o F4, procedente de una sola localidad y utilizando pruebas de predicción sobre cebada, para posteriormente, en F6 o F7, realizar un cribado más exhaustivo trabajando sobre micro-maltas.

El procedimiento que podría recomendarse (véase fig. 1) consiste, en consecuencia, en lo siguiente:

- F2: Selección de plantas individuales cada una de las cuales dará origen a una hilera F3.
- F3: Selección de hileras prometedoras, de cada una de las cuales se recogerá una planta para producir la correspondiente línea en F4; el resto, trillado en masa, nos proporcionará semilla suficiente para los ensayos previos de calidad.
- F4: Selección en campo de hileras prometedoras, de cada una de las cuales sólo pasará a F5 una planta.
- F5: Mismo tipo de selección, aunque aquí se recogen enteras las hileras seleccionadas para sembrar un ensayo en F6.
- F6: Ensayo en una localidad y primera prueba de micromalteo sobre la semilla recogida en el mismo.
- F7: Ensayo en dos localidades y segundo año de micromalteo.
- F8: Ensayo en cuatro localidades.
- F9: Ensayo multilocal, pruebas de calidad definitivas y selección de líneas para presentar a ensayos oficiales.

Una modificación interesante del proceso anterior puede consistir en realizar las pruebas previas usando micromalteo. Para reducir el número de muestras podría trabajarse sobre una masa de grano de cada cruzamiento, obtenida mezclando semilla de todas las plantas del mismo seleccionadas en F2. De esta forma, tendríamos una estimación de la calidad global de cada cruzamiento, que indicaría en cuales de ellos concentrar la atención posterior. No debe olvidarse que la mayor variabilidad se encuentra entre cruzamientos distintos y no dentro de los mismos.

**J. L. Molina**

La Cruz del Campo, S. A.  
Departamento de Mejora de Cebadas