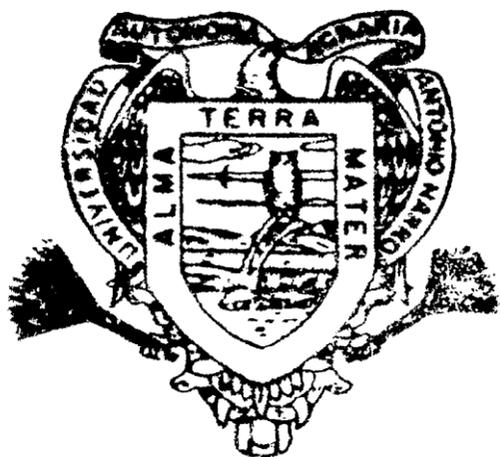


COMPARACION DE DIFERENTES
CARACTERISTICAS CUANTITATIVAS Y
CORRELACIONES EN CEBADAS DE DOS HILERAS
(Hordeum distichum) Y SEIS HILERAS
(Hordeum vulgare)

JUAN CARLOS ZUÑIGA ENRIQUEZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OPTAR AL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD DE FITOMEJORAMIENTO



**Universidad Autónoma Agraria
Antonio Narro**

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenavista, Saltillo, Coah.

DICIEMBRE DE 1987

Tesis elaborada bajo la supervisión del Comité Particular
de asesoría y aprobada como requisito parcial, para optar
al grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN
FITOMEJORAMIENTO

C O M I T E P A R T I C U L A R

Asesor principal:

K. Sathyanarayanaiah

- DR. SATHYANARAYANAIAH KURUVADI -

Asesor:

H. Alvarado

- ING. M.C. HUMBERTO ALVARADO SANCHEZ -

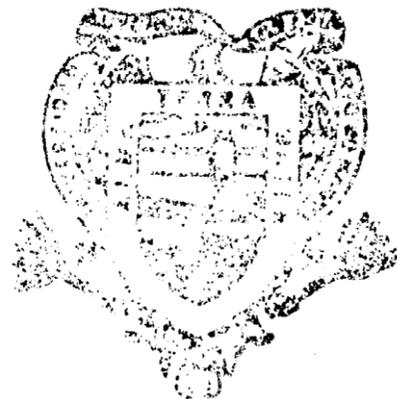
Asesor:

F. Elizondo Ruiz

- ING. M.C. FRANCISCO ELIZONDO RUIZ -

Eleuterio Lopez Perez
DR. ELEUTERIO LOPEZ PEREZ

Subdirector de Asuntos de Postgrado



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Diciembre 1987.

DEDICATORIA

Con todo mi amor

A mis espiguitas:

Erika, Ana Laura y

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso

- Al Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi, por su amistad y sabia dirección en el desarrollo del presente trabajo.
- A los estimados maestros y amigos Francisco Elizondo Ruíz y Humberto Alvarado Sánchez, por las valiosas sugerencias y apoyo en la realización del presente trabajo.
- Al Personal Técnico y de Campo del Programa de Cereales, por su valiosa colaboración.
- A la Srita. Martha E. Ochoa B., por su gran espíritu de colaboración y excelente trabajo de mecanografía.
- A todos mis amigos y compañeros de trabajo, por su confianza y apoyo.

CÓMPENDIO

Comparación de Diferentes Características Cuantitativas y Correlaciones en Cebadas de Dos Hileras (Hordeum distichum) y Seis Hileras (Hordeum vulgare)

POR

JUAN CARLOS ZUÑIGA ENRIQUEZ

MAESTRIA

FITOMEJORAMIENTO

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DICIEMBRE 1987

Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi - Asesor -

Palabras claves: Comparación, características cuantitativas, cebada, hileras parámetros genéticos y correlaciones.

En esta investigación se evaluaron 9 genotipos de 2 hileras (Hordeum distichum) y 14 genotipos de 6 hileras (H. vulgare) de cebada bajo un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones, - con el fin de comparar las características cuantitativas en ambas especies, identificar variedades superiores y estudiar parámetros genéticos y correlaciones para diferentes características agronómicas.

El análisis de varianza indicó diferencias significativas para el rendimiento, granos/espiga, peso de mil granos, longitud de espiga, altura de planta, días a madurez fisiológica y peso hectolítrico, revelando una variabilidad considerable en los recursos genéticos incluidos de 2 y 6 hileras. Se identificaron 3 genotipos sobresalientes para rendimiento en los tipos de 2 hileras (Dram, Antártica 04 y ND 4994.16) y 6 hileras (Robust, Cerro Prieto y Gloria "S"/Come "S" CMB 81-294-6B-2Y-8M-0Y).

La línea Robust, para granos/espiga y peso de mil granos, así como Antártica 04 para longitud de espiga produjeron los máximos valores respectivamente en los genotipos evaluados.

Los genotipos de 6 hileras superaron en 0.25, 82.05 y 4.13 por ciento para rendimiento, granos/espiga y peso de grano respectivamente a los genotipos de 2 hileras. En altura de planta, días a madurez fisiológica también fueron superiores.

Las líneas de 2 hileras mostraron altos valores: 35.85 y 3.78 por ciento en cuanto a longitud de espiga y peso hectolítrico en comparación con líneas de 6 hileras.

Los valores de heredabilidad en sentido amplio (H^2) variaron de 86 a 95 por ciento para todas las características estudiadas en el análisis combinado. La selección para estas características serán efectivas en el mejoramiento genético de cebada.

Se obtuvieron correlaciones positivas y significativas entre rendimiento con días a madurez fisiológica y peso hectolítrico.

ABSTRACT

Comparison of Different Cuantitative Characteristics and Correlations Between Two Rowed (Hordeum distichum) and Six Rowed (Hordeum vulgare) Barley

TO

JUAN CARLOS ZUÑIGA ENRIQUEZ

MASTER OF SCIENCE

PLANT BEEDING

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

BUENAVISTA, SALTILLO, COAHUILA. DECEMBER 1987

Dr. Sathyanarayanaiah Kuruvadi - Advisor -

Key Words: Comparison, quantitative characters, berley rows, genetic parameters and correlations.

In this investigacion 9 genotypes of 2 rowed (Hordeum distichum) and 14 genotypes of 6 rowed (Hordeum vulgare) varley were evaluated utilizing a randomized block design with four replica - tions with an object of comparing quantitative characters among - the genotypes of both species, to identify superior varieties, to study genetic parameters and correlations for different agronomic traits.

The analysis of variance indicated significant differences for grain yield, number of seeds per spike, 1000 grain weight, spike length, plant height, days to physiological maturity and hectolitic weight revealing considerable variability for these traits among the genotypes of 2 and 6 rowed barley lines included in the study. Three genotypes in each of the 2 rowed (Dram, Antártica 04, and ND 4994.16) and 6 rowed (Robust, Cerro Prieto and Gloria "S"/Come "S" CMB 81-294-6B-2Y-8M-0Y) barley were identified as high yielding lines for grain yield.

The variety Robust recorded maximum number of grain per spike, 1000 grain weight and Antártica 04 for spike length among the genotypes included in the study.

The 6 rowed barley varieties produced 0.25, 82.05 and 4.13 percent more grain yield, grains per spike and 1000 grain weight respectively over 2 rowed barley lines. In addition the 6 rowed barley also produced better plant height and more days to physiological maturity when compared to 2 rowed barley varieties.

The 2 rowed barley lines manifested 35.85 and 3.78 percent more spike length and hectolitic weight when compared to 6 rowed genotypes.

The broad sense heritability values varied from 86 to 95 percent for all the characters studied in the combined analysis and selection for these characters will be effective in the breeding program of barley.

A positive and a significant association were obtained between grain yield with 2 characters such as physiological maturity and hectolitic weight.

The analysis of variance indicated significant differences for grain yield, number of seeds per spike, 1000 grain weight, spike length, plant height, days to physiological maturity and hectolitic weight revealing considerable variability for these traits among the genotypes of 2 and 6 rowed barley lines included in the study. Three genotypes in each of the 2 rowed (Dram, Antártica 04, and ND 4994.16) and 6 rowed (Robust, Cerro Prieto and Gloria "S"/Come "S" CMB 81-294-6B-2Y-8M-0Y) barley were identified as high yielding lines for grain yield.

The variety Robust recorded maximum number of grain per spike, 1000 grain weight and Antártica 04 for spike length among the genotypes included in the study.

The 6 rowed barley varieties produced 0.25, 82.05 and 4.13 percent more grain yield, grains per spike and 1000 grain weight respectively over 2 rowed barley lines. In addition the 6 rowed barley also produced better plant height and more days to physiological maturity when compared to 2 rowed barley varieties.

The 2 rowed barley lines manifested 35.85 and 3.78 percent more spike length and hectolitic weight when compared to 6 rowed genotypes.

The broad sense heritability values varied from 86 to 95 percent for all the characters studied in the combined analysis and selection for these characters will be effective in the breeding program of barley.

A positive and a significant association were obtained between grain yield with 2 characters such as physiological maturity and hectolitic weight.

INDICE DE CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	x
INTRODUCCION	1
REVISION DE LITERATURA	4
- ORIGEN DE LA CEBADA	4
- USOS DE LA CEBADA	6
- CLASIFICACION TAXONOMICA	6
- DESCRIPCION BOTANICA	7
- MEJORAMIENTO GENETICO	10
- RETROCRUZAS	11
- CRUZAS MULTIPLES	11
- MUTACIONES	12
- POLIPLOIDES	13
- HIBRIDOS INTERESPECIFICOS	14
- HIBRIDOS	14
- COMPONENTES DEL RENDIMIENTO	16
MATERIALES Y METODOS	19
- LOCALIZACION DEL AREA DE ESTUDIO	19
- MATERIAL GENETICO	20
- PREPARACION DEL SUELO	20
RESULTADOS	29
DISCUSION	45
CONCLUSIONES	56
RESUMEN	57
LITERATURA CITADA	59

INDICE DE CUADROS

		Página
CUADRO 1.	PEDIGREE Y ORIGEN DE 9 LINEAS DE 2 HILERAS Y 14 LINEAS DE 6 HILERAS DE CEBADA.	21
CUADRO 2.	VALOR DE CUADRADO MEDIO Y SIGNIFICANCIA PARA DIFERENTES CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE 9 LINEAS DE CEBADA DE 2 HILERAS.	30
CUADRO 3.	VALOR DE CUADRADO MEDIO Y SIGNIFICANCIA PARA DIFERENTES CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE 14 LINEAS DE CEBADA DE 6 HILERAS.	31
CUADRO 4.	ANALISIS DE VARIANZA PARA DIFERENTES CARACTERISTICAS AGRONOMICAS DE 23 LINEAS DE CEBADA DE 2 Y 6 HILERAS.	32
CUADRO 5.	VALORES PROMEDIO DE DIFERENTES CARACTERISTICAS DE 23 LINEAS DE CEBADA DE 2 Y 6 HILERAS.	33
CUADRO 6.	RANGOS Y VALORES PROMEDIO PARA DIFERENTES CARACTERISTICAS AGRONOMICAS Y LINEAS SOBRESALIENTES CON CEBADA DE 2 HILERAS.	35
CUADRO 7.	RANGOS Y VALORES PROMEDIO PARA DIFERENTES CARACTERISTICAS AGRONOMICAS Y LINEAS SOBRESALIENTES EN CEBADA DE 6 HILERAS.	35
CUADRO 8.	PARAMETROS GENETICOS EN CEBADA DE 2 Y 6 HILERAS Y COMBINADO PARA VARIAS CARACTERISTICAS AGRONOMICAS.	40
CUADRO 9.	CORRELACIONES FENOTIPICAS PARA DIFERENTES CARACTERISTICAS AGRONOMICAS EN 9 LINEAS DE CEBADA DE 2 HILERAS.	42

CUADRO 10.	CORRELACIONES FENOTIPICAS PARA DIFERENTES <u>CA</u> RACTERISTICAS AGRONOMICAS EN 14 LINEAS DE <u>CE</u> BADA DE 6 HILERAS.	42
CUADRO 11.	CORRELACIONES FENOTIPICAS COMBINADAS PARA <u>CA</u> RACTERES AGRONOMICOS EN CEBADA DE 2 Y 6 HILE RAS.	44

INTRODUCCION

La cebada (Hordeum vulgare L.) es el cereal de cultivo mas antiguo del cual se tiene conocimiento. Su origen se ubica en el Asia Occidental casi 5000 años a. de C., y cultivada en la actualidad en diversos paises del mundo.

La cebada es tolerante a la salinidad, por lo que es una gran alternativa de cultivo, sobre todo en aquellas regiones de clima árido y semiárido, debido a su gran rusticidad; esto permite obtener una producción óptima de grano aún en suelos pobres y/o salinos, condiciones bajo las cuales otros cultivos se verían seriamente afectados (Ramírez, 1977 y Robles, 1978).

La producción mundial de cebada es de alrededor de 97 millones de toneladas, dedicándose para su cultivo una superficie de 62 millones de hectáreas, (Almanaque Mundial, 1983). La producción de cebada se destina a la alimentación animal, obtención de malta para la industria cervecera y en la elaboración de sopas y alimentos para niños (Wiebe, 1968).

El cultivo de la cebada en México es de gran importancia económica, tanto para la superficie sembrada (ocupa el 4° lugar) como por su uso en la industria (Robles, 1978).

El cultivo de este cereal es la base económica de miles de familias radicadas en los Estados de Hidalgo, México, Puebla y

Tlaxcala, debido a la cercanía de las fábricas de malta que utilizan como materia prima a este cereal, el cual por su precocidad - puede desarrollarse con escasa e irregular precipitación, escapar a las heladas tempranas características de esta región y ofrece al agricultor la mayor seguridad en la producción de grano.

En México el mejoramiento genético de la cebada se ha enfocado hacia la formación de cebadas de 6 hileras (H. vulgare L.), las cuales prevalecen en los campos de cultivo. Variedades como Cerro Prieto, Porvenir, Apizaco, pertenecen a este tipo de cebadas y destacan en cuanto a su capacidad de producción y adaptación. Respecto a las cebadas de 2 hileras (H. distichum), sólo ha destacado la variedad Chavalier (de origen francés), la cual presenta en nuestra región altos rendimientos y una buena tolerancia a enfermedades, sin embargo no se encuentra disponible en el mercado semilla para estimular su siembra.

Es importante considerar que las cebadas de 2 hileras presentan características forrajeras superiores a su contraparte de 6 hileras debido a su mayor capacidad de amacollamiento además de una mayor tolerancia a enfermedades y un mejor desarrollo de grano.

Estas características y otras presentes en las cebadas de 2 hileras son de importancia para el desarrollo de variedades mejoradas para alto rendimiento y resistencia a enfermedades, así como para la obtención de cebadas de doble propósito (producción

de grano y forraje) tanto en este tipo de cebadas como en las de 6 hileras.

Para lo anterior, es de suma importancia para los programas de mejoramiento tener la información necesaria respecto a las características cuantitativas en ambas especies de cebada, así como la heredabilidad de las mismas que permitan encausar los esfuerzos de los fitomejoradores. A este respecto, es notoria la falta de información sobre comparación de características cuantitativas entre ambas especies.

En esta investigación se evaluaron 9 líneas de 2 hileras y 14 líneas de 6 hileras con los siguientes objetivos:

- 1° Comparar las características cuantitativas entre líneas de cebadas de 2 y 6 hileras.
- 2° Identificar variedades altamente rendidoras en ambas especies de cebada.
- 3° Estudiar los parámetros genéticos y correlaciones fenotípicas para diferentes características agronómicas, individualmente para cada especie y en ambas especies en conjunto.

REVISION DE LITERATURA

Origen de la Cebada

Pilinio, citado por Robles (1978), asegura que la cebada fue el alimento mas antiguo del hombre y algunos eruditos modernos la consideran como la primera planta cultivada.

Poehlman (1981) cita que Vavilov describe 2 centros de origen de un centro, Etiopía y Africa del Norte, proceden muchas de las variedades cubiertas con barbas largas, mientras que del otro China, Japón y el Tibet, proceden las variedades desnudas, de barbas cortas o sin barbas y los tipos con granos cubiertos por caperuzas. El mismo autor cita que el género *Hordeum* comprende cerca de veinticinco especies, entre las que se encuentran tanto especies diploides ($2N = 14$), como tetraploides ($2N = 28$). Las especies diploides incluyen a las cebadas cultivadas como *H. vulgare* (de 6 hileras); *H. distichum* (de 2 hileras) y *H. irregulare* (intermedia entre las 2 anteriores).

Dentro del tipo silvestre se encuentran *H. spontaneum*, *H. agriocrithon*, *H. pucillum*, entre otras. Las especies tetraploides no son cultivadas e incluyen sólo especies silvestres como *H. murinum*, *H. bulbosum*, *H. jubatum*, *H. nodosum*.

Por otro lado, Harlan (1968) establece que en realidad no se conoce el origen de la cebada. Aunque hay algunas investiga-

-ciones al respecto, se debe admitir que aún estamos lejos de -
una respuesta adecuada a esta cuestión.

Este mismo autor cita que Candolle enunció dos teorías -
acerca del origen genético de la cebada. Primera: las cebadas -
de 6 hileras se derivaron de una muy antigua forma silvestre de 2
hileras; Segunda: el progenitor de las cebadas de 6 hileras se -
ha extinguido.

Estas teorías han sido objeto de controversias ¿sería H.
spontanum, originario del cercano oriente, el único progenitor -
común de las cebadas de 6 hileras o habría que postular una espe-
cie silvestre de 6 hileras como progenitor ancestro?. A este res-
pecto, Harlan también cita que Körnicke y Werner propusieron que
H. spontaneum fue el ancestro común de ambos tipos de cebada (2 y
6 hileras). Tschermak (1914) concluyó que esto no era posible -
debido a que un gran número de formas intermedias se encontraron
en cruza experimentales, por lo que un pariente de 6 hileras de-
bería ser el más indicado para producir también este tipo de ceba-
das y sus formas intermedias. Larionow (1929) citó posibles cru-
zas con el género Elymus para explicar las relaciones entre las -
cebadas de 2 y 6 hileras. Este autor es uno de los pocos que con-
sideraron otras especies tales como H. bulbosum y H. murinum.

Otras propuestas se basan en que la tendencia de evolución
de las gramíneas en general y del género Hordeae en particular, -
es hacia la reducción y que si la fertilidad de las espiguillas -
laterales se ha perdido, es increíble que tendiera a recuperarla.

De este modo se arguye que la cebada de 2 hileras H. spontaneum - debió haberse derivado de algunas especies silvestres de 6 hileras y así podría fuertemente revertirse otra vez hacia la producción de cebadas de 6 hileras.

Siguiendo este y otros argumentos similares, basados en la morfología y consideraciones genéticas, Shiemann (1932) propuso - que algunas cebadas silvestres desconocidas de 6 hileras produjeron tanto las especies cultivadas de 6 hileras como todas las variedades de 2 hileras, silvestres y domésticas.

Usos de la Cebada.

Wiebe (1968) señala que los mas importantes usos de la cebada a nivel mundial son: en forma de grano como alimento para el ganado y aves de corral; como malta para la elaboración de bebidas o enriquecer el valor nutritivo de los alimentos; como semilla; el grano perlado se usa en la elaboración de sopas y harinas. En la alimentación humana se usan variedades de grano cubierto o desnudo, especialmente en países con agricultura primitiva.

Clasificación Taxonómica

De acuerdo con Reid y Wiebe (1968) la cebada es un zacate. Taxonómicamente pertenece a la familia de las gramíneas; sub-familia Festucoideae; Tribu Hordeae y género Hordeum. Robles (1978), cita la siguiente clasificación taxonómica.

Reino - - - - -	Vegetal
División - - - - -	Tracheophyta
Sub-división - - - - -	Pteropsidae
Clase - - - - -	Angiospermae
Sub-clase - - - - -	Monocotiledoneae
Grupo - - - - -	Glumiflora
Orden - - - - -	Graminales
Familia - - - - -	Gramineae
Género - - - - -	Hordeum
Especie - - - - -	vulgare

Descripción Botánica

Robles (1978), establece que la cebada tiene un hábito de crecimiento anual, con tendencia a convertirse en perene bajo con condiciones muy especiales. Existen variedades de primavera e in- - vierno. Las primeras tienen un ciclo corto de 80 a 90 días. Se siembran a fines de invierno o a principios de la primavera, usándose principalmente para la producción de grano. Las variedades de invierno poseen un ciclo hasta de 160 días, utilizándose prin- cipalmente para la producción de forraje.

La cebada es una planta sexual, monoica, hermafrodita y - perfecta. Desarrolla un sistema de raíces adventicias espesas al tiempo de amacollar. El tallo es de 60 cm a 1 m de altura.

Warren y Martin (1970), citan que el género *Hordeum* fue - descrito por Linnaeus en 1754 y también por Aberg y Wiebe en 1946,

estableciendo las siguientes características: espiga indeterminada, densa, algunas veces achatada, frágil, con barbas poco flexibles. Su raquis es poco flexible o quebradizo. Espiguillas con 3 inflorescencias individuales, algunas veces con una flor secundaria rudimentaria.

Las flores centrales son fértiles, unidas directamente a la base, con flores laterales reducidas, fértiles (cebadas de 6 hileras, estériles o sin sexo (cebadas de 2 hileras. Glumas lanceoladas o barbadas. La lemma de las flores fértiles no tiene barba o es muy reducida o con caperuza. La parte trasera de la lemma surge del raquis. La raquilla está unida al grano. El grano es oblongo con pliegue central, cariósipide, usualmente adherida a él la lemma y la palea (grano cubierto). Plantas anuales o perenes.

Warren y Martin (1970), presentan una breve descripción de las partes vegetativas en las que citan que el crecimiento lateral de las raíces generalmente alcanza de 15 a 31 cm mientras que su penetración varía de 90 a 192 cm. El tallo es cilíndrico, hueco en la parte central dividido en 5-7 partes (internudos) por unos abultamientos duros llamados nudos.

El tallo llega a medir un promedio de 20 cm en las variedades cortas bajo condiciones de sequía y 154 cm en variedades altas en condiciones buenas de manejo. El número usual de tallos por planta es 3 a 6 cuando la densidad de siembra es normal.

En cada nudo surge una hoja la cual generalmente no tiene vello (lisa), sin embargo algunas variedades si la tienen. - La ligula es corta (0.5-3.0 mm), truncada. Las aurículas abrazan al tallo en parte o completamente.

La hoja es lineal-lanceolada pero la hoja superior (hoja - bandera) se enrolla en algunas variedades. La superficie de la - hoja es áspera y generalmente cubierta con una capa de cera.

La espiga de la cebada tiene un raquis en forma de zig-zag de 2.5 a 12.7 cm de longitud. Los internudos en el raquis (el - cual es una extensión del tallo) tienen un espaciamiento de 2 mm o menos en los tipos de espiga densa y de 4 a 5 mm en especies de espiga laxa. El raquis cuenta con 10 a 30 nudos. Las variedades de 6 hileras tienen de 25 a 60 granos por espiga mientras que las de 2 hileras tienen de 15 a 30.

El grano de cebada es una carióspside con la lemma, palea y raquilla fuertemente unidas a él en la mayoría de las variedades, sin embargo existen cebadas desnudas cuyo grano se encuentra libre de éstas. El grano está compuesto de pericarpio, endospermo y embrión, el cual está localizado en la parte dorsal del mismo. Su color puede ser crema, blanco, negro, rojo o azul. Los últimos colores son el resultado de pigmentos de antocianina. Cuando estos pigmentos están en el pericarpio del grano, éstos adquieren un color rojo o púrpura, pero cuando se encuentra en la aleurona, éstos son azules.

La cebada es una especie autógama ya que sus flores se polinizan con su propio polen antes de que la espiga emerja por completo de la vaina de la hoja bandera, sin embargo, es posible encontrar algunos híbridos naturales en proporciones muy bajas.

Mejoramiento Genético

Wiebe (1968) cita que el progreso en el mejoramiento de la cebada depende de contar con buenos genes y de usar las técnicas de mejoramiento adecuadas para "ensamblar" éstos y formar así genotipos superiores.

Debido a que la cebada es una especie que se autopoliniza, se hace necesaria la cruce artificial para la recombinación genética. Es muy importante la selección de los progenitores que se utilizarán en la cruce y después la selección en la población segregante. En este proceso es fundamental que el fitomejorador - tenga bien claros y jerarquizados los problemas del cultivo que - desea resolver, así como haber definido las características que - debe reunir la nueva planta que desea formar.

En cebada los principales problemas a resolver mediante el mejoramiento genético son: el incremento en rendimiento, evitar el desgrane en el campo, aumentar la resistencia a enfermedades e insectos y el acame. Los métodos de mejoramiento genético que se han utilizado para resolver estos y otros problemas son:

Retrocruzas

Propuesto por Harlan y Pope en 1922, quienes señalaron su importancia y utilidad en el mejoramiento de plantas sin embargo, su valor no fue reconocido hasta 10 ó 15 años mas tarde. Es un método ideal cuando es necesario incluir 1 ó 2 genes en un progenitor recurrente, pero es difícil de usar si 3 ó mas genes se desean transferir simultáneamente en una misma línea. La rapidez con que se pueden obtener líneas con este método depende de la facilidad de identificar al gene a transferir en la progenie, si el gene es independiente o ligado y de la facilidad para realizar ciclos de selección.

Este método permite la certeza de que la progenie de plantas seleccionadas lleva el gene deseado. Un buen número de cebadas y otros cereales de grano pequeño han sido desarrolladas por este método.

Cruzas Múltiples

El desarrollo de híbridos mediante cruzas artificiales de dos o mas líneas no es nuevo. Harlan y Martin (1929); Harlan, Martin y Stevens (1940) y Suneson y Stevens (1953), proyectaron esta idea por combinación de varias cruzas simples.

Muchos mejoradores han seguido este procedimiento desarrollando generaciones de F_2 - F_7 en masa y seleccionando plantas prometedoras para su evaluación en las últimas generaciones.

Las cruza múltiples son un modo muy económico de manejar un gran número de cruza y representan un valioso pool de genes - segregantes. El procedimiento consiste en formar un gran número de cruza simples y después cruzarlas entre sí para formar cruza triples, dobles, etc., pudiéndose combinar hasta 32 progenitores.

El sistema de cruza múltiples se ha beneficiado por el - descubrimiento del gene de esterilidad masculina en cebada por Suneson en 1940, ya que ha simplificado en gran manera el trabajo - en las cruza manuales.

Mutaciones

Warren y Martin (1970) señalan que la cebada es un cultivo genéticamente muy estable, sin embargo, han observado numerosos cambios heredables ocurridos en forma natural, de los cuales la deficiencia en clorofila es el mas común. Los estudios en la frecuencia de mutación han mostrado que su porcentaje es de 0.5 por ciento o menos.

Las mutaciones inducidas han sido deletereas y recesivas. Las altas temperaturas incrementan la frecuencia de aberraciones cromosómicas y otras mutaciones; algunas cebadas tetraploides han sido creadas por este tipo de tratamientos. La irradiación con - rayos X induce ciertas mutaciones que ocurren en aproximadamente la misma proporción que las observadas en forma natural. En Suiza, en experimentos con este tipo de rayos se observó un incremento en aproximadamente 5000 veces. La irradiación con rayos gamma

radiofósforo o neutrones también produce mutaciones.

El tratamiento con colchicina ha sido particularmente efectivo en la alteración del número cromosómico y se ha usado en cebada para producir tetraploides.

Poliploides

Relativamente pocos haploides o triploides han sido reportados en cebada. Aquellas que se han encontrado generalmente pertenecían a semillas con doble embrión. Se han reportado algunos tetraploides las cuales ocurrieron de manera espontánea o fueron inducidos por tratamientos de calor o colchicina. Varios cambios morfológicos ocurren en la cebada cuando los cromosomas se duplican, así, los tetraploides son mas fuertes, con mas tallos y producen mas altos rendimientos de paja que los diploides. Sus hojas también son mas largas, anchas y abundantes. El número de semillas por espiga es menor en los tetraploides debido a que presentan esterilidad parcial pero las semillas usualmente son mas largas que las provenientes de plantas diploides.

La meiosis en cebadas autotetraploides es irregular, por lo que cerca del 50 por ciento de la progenie tendrá un número aberrante de cromosomas.

Pruebas realizadas en Suiza en 10 autotetraploides indicaron que el rendimiento de grano promedió sólo el 40 por ciento en comparación con los diploides.

Híbridos Interespecíficos

Las hibridaciones entre especies cultivadas de cebada aparentemente son fértiles y sin evidencias de irregularidades meióticas, aun cuando los progenitores provengan de regiones muy diferentes. Cruzas entre especies cultivadas y especies silvestres - diploides (H. spontaneum), han mostrado muy poca esterilidad y segregación anormal. Con excepción del carácter para caperuza, la mayoría de los caracteres de H. spontaneum son dominantes sobre sus alelos en las cebadas cultivadas. Resultados similares han sido observados para cruzas entre H. vulgare y H. agriocrithon. Es así que todas las especies en la Sección Cereales parecen estar estrechamente relacionadas lo suficiente para producir plantas fértiles en la F_1 rangos mendelianos regulares.

Híbridos

Wiebe (1968) cita que el incremento en los rendimientos obtenidos por heterosis en maíz, sorgo, remolacha azucarera y otros cultivos, han sido substanciosos y continuos. El éxito en la producción comercial de semilla híbrida depende de una fuente factible y económica de esterilidad masculina en plantas, las cuales servirán como progenitor femenino en la formación del híbrido. En los cultivos antes citados se ha encontrado un tipo especial de citoplasma que induce a la esterilidad masculina, lo cual ha facilitado la formación de híbridos. En trigo se ha probado este tipo de citoplasma, el cual no se ha encontrado en cebada.

En cebada se ha reportado hibridación natural por lo general menor al 0.2 por ciento. Warren y Martin (1970) indican

que las cebadas de 6 hileras tienden a tener mayor porcentaje de cruzamiento natural que las cebadas de 2 hileras y que este tipo de cruza tiende a ser mayor en cebadas sin barbas o barbas pequeñas y en cebadas con grano desnudo. Estos autores establecen que es posible el incremento en la hibridación natural mediante el uso de androesterilidad genética. Citan también que Suneson en 1940 fue el primero en reportar este tipo de esterilidad condicionada por un gene recesivo, lo cual permitió nuevas posibilidades para la recombinación genética en poblaciones con esta característica.

Allard (1978) indicó que la dispersión del polen en cebada y otras especies es muy escasa en plantas con androesterilidad y por lo mismo, la producción de semillas es muy baja.

En general, la característica de androesterilidad en cebada no ha permitido la producción comercial de semilla híbrida para lo cual se requerirán aún muchos años de estudio.

Mejoramiento Genético de la Cebada en México

Esparza (1977) cita que este proceso se inició en forma sistemática en 1957, obteniéndose tres años después la primera variedad mejorada producto de los materiales introducidos y de la colección mundial de cebada. Hasta la fecha se cuenta con 13 variedades mejoradas que presentan características agronómicas deseables como resistencia a escaldadura, cenicilla, al acame, al

desgrane, con buen ahijamiento, buena paja, alto rendimiento y ciclo vegetativo corto.

En la actualidad los trabajos de mejoramiento se llevan a cabo en cuatro centros ecológicos diferentes: El CIAMEC (Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central), el CIAB (Centro de Investigaciones Agrícolas del Bajío), el CIAN (Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte) y el CIANO (Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste), los cuales en los últimos años se han dedicado a la obtención de variedades para la alimentación humana y/o forrajera, así como variedades con calidad industrial - maltera a fin de cubrir la demanda de este cereal en el país.

Riojas (1977) ⁷⁷ señala que de 1960 a 1980 el rendimiento medio nacional se incrementó de 700 a 1850 kg/ha; esto debido principalmente a la siembra de variedades mejoradas y a la apertura de nuevas áreas al cultivo.

Componentes del Rendimiento

Murata, citado por Yoshida (1972) menciona que los caracteres componentes del rendimiento son: número de espigas por metro cuadrado, número de espiguillas por espiga, número de granos por espiguilla y tamaño potencial. Menciona también que estos pueden cambiar con el ambiente de prueba.

Grafius, citado por Maya (1977) cita que el rendimiento es un artefacto y que es el resultado final de tres componentes; - -

número de espigas, número promedio de granos por espiga y el peso promedio de grano. Este autor cita también que si el rendimiento es un producto de estos componentes, no existe forma mediante la cual sea cambiado el rendimiento sin cambiar uno o más de los componentes. Además, propuso independencia entre los sistemas genéticos que gobiernan los componentes del rendimiento, ya que las correlaciones entre ellos tendieron a cero bajo condiciones de competencia mínima entre plantas.

Shertsov (1986) encontró que las variedades de cebada invernal Cyclone, Radical, Monolit, Mirage y Metoer rindieron entre 8040 y 9240 kg/ha. A la vez encontró una variación en los componentes del rendimiento de 530 a 740 espigas/m² y semillas por espiga de 34 a 42; también encontró un peso de mil granos entre 33.5 y 3.84 gr en Rusia.

Moncef et al., (1986) estudió la estabilidad y rendimiento en cebadas de 2 y 6 hileras utilizando 4 líneas de cada tipo en 4 diferentes ambientes en Tunisia. Los promedios de rendimiento de los cultivares en las 4 localidades varió de 1990 a 2500 kg/ha en cebadas de 6 hileras, mientras que en los cultivares de 2 hileras hubo una variación de 2050 a 2610 kg/ha. El genotipo Cross 257/37 registró el máximo rendimiento (2260 kg/ha), siguiéndole Gem (2250 kg/ha) en cebadas de 6 hileras. Por otro lado, en los cultivares de 2 hileras el genotipo WI 2231 produjo los máximos rendimientos con 2610 kg/ha; siguiéndole el genotipo WI 2291 con 2600 kg/ha. Los cultivares de cebadas de 2 hileras superaron en aproximadamente 10.5 por ciento en rendimiento a los cultivares

de 6 hileras. La localidad Mateur produjo altos rendimientos en comparación con las otras localidades.

Singh et al., (1986) estudiaron características agronómicas que contribuyeron a la tolerancia a sequía en cebada desnuda y encontraron correlaciones genotípicas y fenotípicas para rendimiento por planta estrechamente asociada con peso de mil granos, días a floración y longitud de espiga, demostrando que las líneas de cebada con granos largos, precocidad y relativamente altas son características deseables para siembra bajo temporal.

Yadov et al., (1986) estudiaron la aptitud combinatoria en cebada y concluyeron que las variedades DR-56, DR-32, DR-46 y DHB-4, fueron las mejores combinadoras para diferentes características agronómicas, por lo tanto recomendaron usar estas líneas para mejorar el rendimiento de grano en este cereal. También indicaron que en el mercado hay preferencia para el tamaño de semilla. La variedad RS-6 fue el mejor combinador para esta característica, sugiriendo su utilización como progenitor en un programa de hibridación.

MATERIALES Y METODOS

Localización del Area de Estudio

Esta investigación se llevó a cabo durante el ciclo primavera-verano de 1986 en el Campo Experimental de Navidad, N. L. de la Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro", el cual se localiza a 85 km al Sureste de la Ciudad de Saltillo, Coahuila, sobre la carretera 54 México-Piedras Negras. Sus coordenadas geográficas son $25^{\circ} 01'$ latitud Norte y $100^{\circ} 56'$ de longitud Oeste, con una altitud de 1895 msnm.

La topografía de esta región es plana, de suelo aluvión limoso mezclado con sulfato de calcio, de buena profundidad, de reacción alcalina con PH de 7.6 a 8.

El clima de la región de acuerdo a Koppen y modificado por Enriqueta García se considera como BS_0 , $hW_2(e)$ o sea semiárida - por su grado de humedad y semicálido por su temperatura.

La temperatura media mínima anual es de $7.2^{\circ}C$ y la media máxima de $21.7^{\circ}C$, con una precipitación pluvial media de 400 mm anuales. Se presentan heladas severas principalmente en los meses de noviembre a febrero, aunque con frecuencia ocurren heladas tardías aún en abril y mayo.

Material Genético

El material genético incluyó 9 líneas de cebada de 2 hileras provenientes de 7 países. La línea Arupo (México), ND 4994.16 (Estados Unidos), Quibenras (Colombia), Antártica (Brasil), Dram y Cerise (Inglaterra), Mata y Manapou (Nueva Zelandia). Mientras que las cebadas de 6 hileras incluyeron 10 líneas de México, 2 líneas de Estados Unidos (Robust y Oregon line) y una línea de la India (Karan-15).

Se usó como testigo la variedad Cerro Prieto de México. Estas líneas fueron recibidas por cortesía del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) de México. Los materiales corresponden al 8° Ensayo Internacional de Rendimiento de Cebada (8° IBYT por sus siglas en inglés). Estos materiales contienen una amplia gama de variabilidad para rendimiento, componentes del rendimiento, tales como espigas/planta, semillas/espiga, peso de mil granos, altura y días a floración, número de hileras, etc. El pedigree y origen de 9 líneas de cebada de 2 hileras y 14 líneas de cebada de 6 hileras se presentan en el Cuadro 1.

Preparación del Suelo

Esta se llevó a cabo con un barbecho a una profundidad de 30 cm, seguido de 2 pasos de rastra en forma cruzada y finalmente se realizó una nivelación para uniformizar el terreno. Después se efectuó el surcado a una distancia entre surcos de 30 cm.

Cuadro 1.

Pedigree y origen de 9 líneas de 2 hileras y 14 líneas de 6 hileras de cebada.

No. de variedad	Cruza o pedigree cebadas 2 hileras	Origen
1	Arupo "S" CMB 79-1312-F-3Y-1B-2Y-1B-1Y-0B	CIMMYT
2	ND 4994.16	N. Dakota, EEUU
3	Quibenras	Colombia
4	Antártica 04	Brasil
5	Dram	Inglaterra
6	Cerise	Inglaterra
7	Mata	N. Zelandia
8	Manapou	N. Zelandia
9	Ideal	Alemania
Cebadas de 6 hileras		
1	Centinela	México
2	Pistacho CMB 77A-1266-2B-1Y-1B-1Y-1B-0Y	CIMMYT
3	Trompillo CMB 74A-432-25B-1Y-1B-1Y-0B	CIMMYT
4 A	Gloria "S"/Come "S" CMB 81-294-5B-5Y-2M-0Y	CIMMYT
5 B	Gloria "S"/Come "S" CMB 81-294-5B-5Y-3M-0Y	CIMMYT
6 C	Gloria "S"/Come "S" CMB 81-294-6B-2Y-8M-0Y	CIMMYT
7 D	Gloria "S"/Come "S" CMB 81-294-4Y-1H-4Y-2M-0Y	CIMMYT
8 E	Gloria "S"/Come "S" CMB 81-294-4Y-1H-5Y-2M-0Y	CIMMYT
9 F	Gloria "S"/Come "S" CMB 81-294-5B-5Y-1M-1Y-0M	CIMMYT
10	Caco "S"/3/API/CM67/1594 CMB 81-168-6Y-3Y-0M	CIMMYT
11	Robust	Minessota
12	Oregon Line	Oregon
13	Karan 15	India
14	Cerro Prieto	México

La semilla de 23 poblaciones se sembraron bajo un diseño experimental de bloques al azar con 4 repeticiones el día 20 de febrero de 1986 a una profundidad aproximada de 3-4 cm en forma manual y a chorrillo con una densidad de siembra de 120 kg/ha. Cada tratamiento constó de 6 surcos de 3 m de longitud los cuales formaron una parcela total y útil de 5.4 m².

Después se aplicaron fertilizantes con una fórmula de 150-100-00 (N P K respectivamente). Se aplicó el 50 por ciento del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra y el restante de 50 por ciento del nitrógeno 35 días después. La fuente de nitrógeno fue la urea ($C_0[NH_4]_2$) y de fósforo fue el superfosfato de calcio triple ($Ca_3[PO_4H_2]_2$), ambas a una concentración de 46 por ciento.

Se aplicó un riego inmediatamente después de la siembra y después se proporcionaron 5 riegos de auxilio para expresar el potencial biológico del rendimiento y sus componentes. Las malezas fueron controladas al tiempo de amacollamiento con 2 aplicaciones de herbicida 2-4D-Amina* en dosis de 1.5 l/ha. Los áfidos (pulgones) que se presentaron en la etapa de embuche fueron controlados con 2 aplicaciones de insecticida** en dosis de 1 l/ha.

El experimento se cosechó el día 10 de junio de 1986 con una máquina combinada.

Se tomaron las siguientes mediciones en cada una de las parcelas:

Hierbamina
Tamarin 600

- Rendimiento de grano. El rendimiento fue estimado en gramos/parcela y fueron transformados posteriormente a kg/ha.
- Número de granos/espiga. Se colectaron al azar 10 espigas en cada parcela y se trillaron individualmente, contando sus granos para obtener promedio.
- Peso de mil granos (peso de grano). En cada uno de los tratamientos se contaron 1000 granos al azar y se determinó su peso en gramos.
- Longitud de espiga. Se midió la longitud de 10 espigas seleccionadas al azar y se obtuvo el valor promedio en cm.
- Altura de planta. Se midió al tiempo de madurez fisiológica haciéndolo del nivel del suelo a la base de la espiga.
- Días a madurez fisiológica. Esta se evaluó cuando el 50 por ciento de los pedúnculos de los tallos cambian de color verde a un color amarillo.
- Peso por hectolitro. Se obtuvo para cada uno de los tratamientos a fin de conocer el peso de grano en relación a su volumen.

Los promedios de diferentes características agronómicas se utilizaron para calcular los análisis de varianza para cebadas de 2 y 6 hileras respectivamente y después para analizar ambos tipos

en forma conjunta. Los mismos promedios de diferentes características fueron utilizados para calcular parámetros genéticos y correlaciones fenotípicas.

El modelo matemático del análisis de varianza fue el siguiente:

$$y_{ij} = u + \zeta_i + B_j + \xi_{ij}$$

donde:

y_{ij} = observación del i esimo tratamiento en su repetición j

u = efecto de la media general.

ζ_i = efecto de tratamientos.

B_j = efecto de bloques

$i = 1, 2, 3 \dots \dots \dots 23$

$j = 1, 2 \dots \dots \dots 4$

ξ_{ij} = efecto del error experimental.

Las consideraciones generales del modelo son:

$$\bar{y} = \frac{t}{\Sigma_{i=1}^t} \frac{r}{\Sigma_{j=1}^r} y_{ij}/rt \quad (\text{media general})$$

$$\bar{y}_{i.} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t y_{i/v} \quad (\text{media de tratamientos})$$

$$\bar{y}_{.j} = \frac{1}{r} \sum_{j=1}^r y_{.j/t} \quad (\text{media de repetición } j)$$

entonces:

$$\bar{y}_{..} = \text{es un estimador de } u$$

$$\bar{y}_{i.} = \text{es un estimador de } u + \tau_i$$

$$\bar{y}_{.j} = \text{es un estimador de } u + B_j$$

bajo los supuestos:

$$\sum_{i=1}^t \tau_i = \sum_{j=1}^r B_j = 0$$

$$\tau_i \sim NI(0, \sigma^2)$$

$$\xi \sim NI(0, \sigma^2)$$

Las hipótesis a probar son las siguientes:

$$H_0 = \tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_i$$

$$H_a = \tau_1 \neq \tau_2 \neq \dots \neq \tau_i$$

Las reglas de decisión para la hipótesis son las siguientes:

- a) Rechazar la H_0 si $F_c \geq F_{t-1}$; $(r-1)(t-1)$
 b) Aceptar la H_0 si $F_c \leq F_{t-1}$; $(r-1)(t-1)$

La estructura del análisis de varianza es como sigue:

Fuentes de variación	G.l.	CM	ECM
Bloques	r-1		
Tratamientos	t-1	M_2	$\sigma_{\xi}^2 + r \frac{\sigma_{\epsilon}^2}{t}$
Error experimental	$(r-1)(t-1)$	M_1	σ_{ξ}^2
Total	rt-1		

El coeficiente de variación se obtuvo por la fórmula

$$CV = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} \times 100$$

donde:

CME = cuadrado medio del error.

\bar{X} = media general.

La prueba de diferencia mínima significativa (DMS) fue utilizada para obtener la diferencia entre tratamientos mediante la fórmula:

$$DMS = \sqrt{\frac{2CME}{r}}$$

El análisis de varianza permitió estimar los parámetros genéticos tales como varianza genética (V_g), varianza fenotípica (V_f) y heredabilidad en sentido amplio (H^2) para todas las características mediante las siguientes fórmulas:

$$V_g = \frac{M_2 - M_1}{r}$$

$$V_f = V_g + \frac{M_2}{r}$$

$$H^2 = \frac{V_g}{V_f}$$

donde:

V_g = Varianza genotípica

V_f = Varianza fenotípica

H^2 = Heredabilidad en sentido amplio

M_1 = Cuadrado medio del error

M_2 = Cuadrado medio de tratamientos

r = Número de repeticiones

Utilizando los mismos promedios de los parámetros evaluados, se utilizó un análisis de covarianza para determinar las co-

-rrelaciones fenotípicas y conocer el grado de asociación entre -
las características agronómicas.

U. N. A. M. I. N. A.

RESULTADOS

El análisis de varianza indicó diferencias significativas para todas las características estudiadas tales como: rendimiento de grano, número de granos por espiga, peso de mil granos, longitud de espiga, altura de planta, días a madurez fisiológica y peso hectolítrico en las líneas de 2 hileras (Cuadro 2), 6 hileras (Cuadro 3) y combinado (Cuadro 4).

El coeficiente de variación de (C.V.) fluctuó de 1.6 a 22.16; 1.8 a 21.90 y 2.03 a 21.5 por ciento en las líneas de 2 hileras y análisis combinado respectivamente, indicando que los valores son aceptables por lo que los datos obtenidos fueron de alta confiabilidad. Sin embargo, para el carácter peso de mil granos en cebada de 6 hileras el valor de coeficiente de variación fue un poco alto (21.90 por ciento). Los valores promedios de las diferentes características agronómicas de cebadas de 2 y 6 hileras se presentan en el Cuadro 5. En él se muestra que el rendimiento varió entre 815 y 4,389 kg/ha con un promedio de 3,014.44 kg/ha en cebada de 2 hileras, mientras que el rango fue de 444 a 4,278 kg/ha, con un promedio de 3,087.28 kg/ha en cebadas de 6 hileras.

En las líneas de 2 hileras, la variedad 5 fue la que presentó los máximos rendimientos de grano con 4,389 kg/ha siguiéndole la variedad 4 (3,778 kg/ha) y la variedad 2 (3,667 kg/ha), siendo estos rendimientos estadísticamente iguales.

Cuadro 2

Valor de cuadrado medio y significancia para diferentes características agronómicas de 9 líneas de cebada de 2 hileras

Fuentes de variación	Grados de libertad	Rndmto.	Granos/ espiga	Peso de grano	Long. de espiga	Altura de planta	Días a mad. fisiológica	Peso por hectolitro
Bloques	3	0.752	1.389	24.044	0.0612	11.667	15.148	9.097
Tratamientos	8	1.221 ^{**}	69.097 ^{**}	50.097 ^{**}	3.344 ^{**}	127.444 ^{**}	85.340 ^{**}	63.932 ^{**}
Error Exp.	24	0.130	5.514	3.183	0.096	5.083	3.294	1.265
Total	35	0.631	74.785	22.887	3.448	49.023	33.634	23.713
C.V. (%)		22.16	10.97	5.10	3.90	2.70	1.60	2.00

** Significancia al 0.01%

C.V. Coeficiente de variación

Cuadro 3

Valor de cuadrado medio y significancia para diferentes características agronómicas de 14 líneas de cebada de 6 hileras.

Fuente de variación	Grados de libertad	Rndmto.	Granos/ espiga	Peso de grano	Long. de espiga	Altura de planta	Días a mad. fisiológica	Peso por hectolitro
Bloques	3	1.316	7.248	54.321	1.0686	5.667	77.494	1.116
Tratamientos	13	0.595 ^{**}	33.935 ^{**}	169.959 ^{**}	1.326 ^{**}	91.555 ^{**}	53.283 ^{**}	38.628 ^{**}
Error Exp.	39	0.134	4.798	14.091	0.268	6.167	6.045	1.014
Total	55	0.618	188.228	16.667	1.678	37.121	29.769	13.976
C.V. (%)		21.90	9.63	6.08	8.89	2.90	2.10	1.80

** Significancia al 0.01%

C.V. Coeficiente de variación

Cuadro 4

Análisis de varianza para diferentes características agronómicas de 23 líneas de cebada de 2 y 6 hileras.

Fuentes de variación	Grados de libertad	Rndmto.	Granos/ espiga	Peso de grano	Long. de espiga	Altura de planta	Días a mad. fisiológica	Peso por hectolitro
Bloques	3	1.270	45.330	28.851	0.522	13.580	78.938	8.640
Tratamientos	22	1.222 ^{**}	279.980 ^{**}	32.434 ^{**}	4.140 ^{**}	101.521 ^{**}	80.596 ^{**}	44.610 ^{**}
Error Exp.	66	0.127	11.330	4.357	0.250	5.663	5.393	2.020
Total	91	0.593	293.371	18.852	4.410	40.121	35.846	18.143
C.V. (%)		21.50	10.51	5.93	7.51	2.83	2.03	2.61

** Significancia al 0.01%
C.V. Coeficiente de variación

Variedad 2 hileras	Rndmto. (kg/ha)	Granos/ espiga	Peso de grano (g)	Long. de espiga (cm)	Altura de planta (cm)	Días a mad. fisiológica	Peso por hectolitro
1	2222	12.50	36.73	5.55	80.0	106.0	54.98
2	3667	18.50	28.76	7.21	79.5	113.0	53.60
3	3185	33.50	33.95	7.96	91.3	115.5	58.18
4	3778	26.00	37.79	10.13	83.5	112.8	57.33
5	4389	19.50	36.85	8.31	89.5	118.3	61.03
6	3130	23.50	34.64	8.94	90.3	114.5	58.60
7	2870	20.50	39.65	6.90	81.8	113.5	59.03
8	815	20.50	32.02	8.26	79.3	105.0	47.65
9	3074	18.00	30.88	8.03	75.5	107.0	54.07
Promedio	3014	21.40	34.59	7.92	83.4	111.7	56.05
DMS .05%	1128	6.46	3.02	0.85	3.8	3.1	1.90
6 hileras							
1	1796	35.5	34.52	5.51	76.0	110.0	53.50
2	3481	37.0	33.45	4.32	84.0	114.0	51.35
3	3704	47.5	32.66	5.12	87.3	114.3	53.65
4	2204	38.0	32.17	5.98	91.0	121.3	51.63
5	3500	40.0	36.66	6.33	87.3	120.8	52.30
6	4241	44.5	38.16	5.93	88.0	118.8	53.73
7	444	16.5	31.69	5.16	88.8	117.0	52.60
8	3463	40.5	36.98	5.70	81.5	114.0	53.83
9	3130	50.0	36.43	6.80	90.5	121.5	50.23
10	2963	42.5	37.60	6.34	80.0	114.8	52.00
11	4278	53.0	41.34	7.64	81.3	113.0	59.90
12	3463	39.0	34.69	5.97	77.3	116.3	57.48
13	2444	28.5	39.59	5.70	82.5	111.0	53.58
14	4111	33.0	38.31	5.15	86.8	117.3	60.43
Promedio	3087	39.0	36.02	5.83	84.4	116.0	54.01
DMS .05%	1115	9.5	3.61	1.31	4.1	4.1	1.66
Promedio general	3051	30.2	35.31	6.88	83.9	113.8	55.03

En las cebadas de 6 hileras, altos rendimientos se registraron en la variedad 11 (4,278 kg/ha), siguiéndole la variedad - (4,241 kg/ha), variedad 14 (4,111 kg/ha), variedad 3 (3,704 - g/ha), variedad 5 (3,500 kg/ha), variedad 2 (3,481 kg/ha), variead 12 (3,463 kg/ha) y la variedad 8 (3,463 kg/ha). Estos 8 genoipos fueron estadísticamente iguales en cuanto a rendimiento de rano.

Considerando simultáneamente los rendimientos de cebada de y 6 hileras, las variedades 5 y 4 de 2 hileras y las variedades 1, 6, 14 y 3 de 6 hileras con rendimientos que variaron de 3,704 4,389 kg/ha fueron las de mejor comportamiento. Las líneas de hileras registraron rendimientos de grano ligeramente superior 0.25%) en comparación con las líneas de 2 hileras.

El número de granos por espiga varió de 12.5 a 33.5 con un promedio de 21.4 en las líneas de 2 hileras (Cuadro 6) mientras - ue en las de 6 hileras esta característica mostró una variación ntre 16.5 a 53.0 con un promedio de 38.96 (Cuadro 7). La mayo- ía de los genotipos de 6 hileras produjeron valores superiores - ara número de granos/espiga alcanzando hasta un 82.05 por ciento as que las cebadas de 2 hileras. La variedad 3 produjo el mayor úmero de granos/espiga (33.5) siendo estadísticamente superior y iguiéndole como segundo grupo la variedad 4 (26 granos/espiga), la variedad 6 (23.5 granos/espiga), siendo ambas estadísticamene iguales en los genotipos de 2 hileras. En las cebadas de 6 hieras, el genotipo 11 produjo el mayor número de granos/espiga - on 53.0, siguiéndole la variedad 9 con 50.0, la variedad 3 con -

Cuadro 6

Rangos y valores promedio para diferentes características agronómicas y líneas sobresalientes con cebada de 2 hileras

Característica	Rango		Promedio	Variedades con mayor expresión del carácter
	Mínimo	Máximo		
Altura	815.00	4389	3014.00	Dram; Antártica 04, ND 4994.16
Longitud de espiga	12.50	33.50	21.40	Quivenras; Antártica 04; Cerise
Longitud de grano	28.76	39.65	34.59	Mata; Antártica 04; Dram
Longitud de espiga de grano	5.55	10.13	7.92	Antártica 04; Cerise; Dram
Longitud de planta	75.50	91.25	83.40	Quibenras; Cerise; Dram
Longitud de maduración	105.00	118.25	111.70	Dram; Quibernas; Cerise
Longitud de raíz	47.65	61.03	56.05	Dram; Mata; Cerise

Cuadro 7

Rangos y valores promedio para diferentes características agronómicas y líneas sobresalientes en cebada de 6 hileras

Característica	Rango		Promedio	Variedades con mayor expresión del carácter
	Mínimo	Máximo		
Altura	444.00	4278	3087.28	Robust; C. Prieto; Gloria "S"/Come "S" C
Longitud de espiga	16.50	53.00	38.96	Robust; Gloria "S"/Come "S" F trampillo
Longitud de grano	31.69	41.34	36.02	Robust; Karen 15; C. Prieto
Longitud de espiga de grano	4.32	7.65	5.83	Robust; Gloria "S"/Come "S" F; caco "S"/3/Api/
Longitud de planta	76.00	91.00	84.40	Gloria "S"/Come "S" A ; F ; E Cm67//1594
Longitud de maduración	110	121.50	115.98	Gloria "S"/Come "S" F ; A ; B
Longitud de raíz	50.23	60.43	54.01	C. prieto; Robust; Oregon Line

con 47.5 y la variedad 6 con 44.5 siendo su comportamiento estadísticamente igual. 11 líneas en las cebadas de 6 hileras produjeron mayor número de granos/espiga en comparación con la línea 3 de las cebadas de 2 hileras la cual fue la que mostró la máxima expresión de este carácter.

Respecto al peso de mil granos, éste varió de 28.76 g (var. 2) a 39.65 g (var. 7) con un promedio de 34.59 en las cebadas de 2 hileras. En lo referente a las cebadas de 6 hileras, esta variación fue de 31.69 g (var. 7) a 41.34 g (var. 11), con un promedio de 36.02 g.

Las líneas de 6 hileras produjeron 4.13 por ciento mas de peso de mil granos en comparación con las líneas de 2 hileras. La línea 7 produjo el máximo peso de mil granos con 39.65 g siguiéndole la línea 4 con 37.79 g, la línea 5 (36.85 g) y la línea 1 (36.73 g), siendo superiores al resto de los genotipos de 2 hileras pero estadísticamente iguales entre ellos.

La línea 11 manifestó el máximo peso de mil granos con 41.34 g, siguiéndole la variedad 13 (39.59 g), la variedad 14 (38.31 g) y la variedad 6 con 38.16 g, siendo todas estadísticamente iguales pero superiores al resto de las líneas de 6 hileras. Considerando simultáneamente las cebadas de 2 y 6 hileras, los genotipos importantes para esta característica fueron las variedades 11, 13, 6 y 14 de 6 hileras y 7, 4, 5 y 1 de 2 hileras.

Para el caracter longitud de espiga, las líneas de 2 hileras presentaron un rango de 5.55 a 10.13 cm con un promedio de .92 cm. En lo referente a las cebadas de 6 hileras esta variación fue de 4.32 a 7.64 cm con un promedio de 5.83 cm. Las cebadas de 2 hileras expresaron un promedio de 35.85 por ciento mas longitud de espiga en comparación con las cebadas de 6 hileras. La variedad 4 fue la que mostró la mayor longitud de espiga con 10.13 cm siendo estadísticamente superior a todos los genotipos incluidos en el grupo de 2 hileras. El genotipo que estadísticamente le sigue es el número 6 con 8.94 cm de longitud. En las cebadas de 6 hileras, el genotipo 11 registró la mayor longitud de espiga con 7.64 cm siguiéndole la variedad 9 (6.8 cm), la variedad 10 (6.34 cm) y la variedad cinco (6.33 cm), siendo éstas estadísticamente iguales.

De los 9 genotipos incluidos en las cebadas de 2 hileras, registraron mayor longitud de espiga en comparación del genotipo superior (var. 11) de los genotipos de 6 hileras.

Para altura de planta, la variación fue de 75.5 a 91.3 cm de 76.0 a 91.0 cm en las variedades de 2 y 6 hileras respectivamente. En lo referente a los promedios de altura en los genotipos de 2 hileras (83.4 cm) y 6 hileras (84.4 cm), se detectaron diferencias mínimas sin embargo, las cebadas de 6 hileras produjeron 1.2 por ciento mas altura en comparación con las de 2 hileras.

Considerando simultáneamente ambos genotipos, las variedades 9, 8 y 2 de 2 hileras y las variedades 1 y 12 de 6 hileras -

fueron las de menor altura, mientras que las variedades 6 y 5 de 2 hileras así como la 4 y 9 de 6 hileras fueron las de porte alto.

En cuanto al caracter días a madurez fisiológica, los genotipos de 2 hileras variaron de 105 a 118.3 días con un promedio de 111.7 días, mientras que en los genotipos de 6 hileras, la variación para esta característica fue de 110 a 121.5 días con un promedio de 115.98 días. 3 líneas (8, 1 y 9) fueron muy precoces, entre 105 y 107 días a madurez fisiológica en los genotipos de 2 hileras. En lo que respecta a los genotipos de 6 hileras, 2 líneas (1 y 13) alcanzaron este estado entre los 110 y 111 días, siendo las mas precoces en comparación con los restantes genotipos incluidos en este grupo.

Dos líneas (5 y 3 de 2 hileras) fueron identificadas como tardías ya que requieren de 115 a 118 días para llegar a madurez fisiológica, mientras que 3 líneas (9, 4 y 5 de 6 hileras) fueron detectadas como tardías con 120.8 y 121.5 días a madurez fisiológica. Las líneas de 2 hileras de cebada se pueden cosechar aproximadamente 5 días antes que las líneas de 6 hileras.

La variación para el caracter peso hectolítrico fue de 47.65 a 61.03 con un promedio de 56.05 en los genotipos de 2 hileras. Respecto a los genotipos de 6 hileras, este caracter mostró un rango de 50.23 a 60.43, con un promedio de 54.01. Cuatro líneas (5, 7, 6 y 3 de 2 hileras), manifestaron altos valores de peso hectolítrico los cuales variaron de 58.18 a 61.03, mientras que las líneas 8, 2, 9 y 1, expresaron los valores mas bajos para

este caracter (de 47.65 a 54.98).

En el grupo de 6 hileras, las líneas 14 (60.43), 11 (59.9) y 12 (57.98), fueron las de mayor peso. Por otro lado, 2 líneas, 2 (51.85) y 4 (51.63) produjeron valores muy bajos para este caracter.

Las líneas de 2 hileras produjeron 3.78 por ciento mas peso hectolítrico en comparación con las líneas de 6 hileras. Examinando simultáneamente todas las características en las líneas de 6 hileras, éstas manifestaron 0.25 por ciento mayor rendimiento de grano, 82.05 por ciento mas número de granos/espiga, 4.13 por ciento mayor peso de mil granos, 1.2 por ciento mas altura de planta y 3.83 por ciento mas días a madurez fisiológica en comparación con los genotipos de 2 hileras.

Las líneas de 2 hileras superaron con 35.85 por ciento longitud de espiga y 3.78 en peso hectolítrico a las líneas de 6 hileras.

Considerando todas las características agronómicas en los genotipos de 2 y 6 hileras, las variedades Dram y Antártica 04 - (2 hileras) y Robust, Cerro Prieto y Gloria "S"/Come "S" CMB 81-294-6B-2Y-8M-0Y (6 hileras) fueron sobresalientes.

Parámetros Genéticos para diferentes características agronómicas en cebadas de 2 hileras, 6 hileras y combinado de 2 y 6 hileras se presentan en el Cuadro 8. El porcentaje de heredabilili

Parámetros genéticos	Rndmto.	Granos/ espiga	Peso de grano	Long. de espiga	Altura de planta	Días a mad. fisiológica	Peso hectolítrico
² PH	0.30	34.55	12.53	1.67	31.90	21.33	16.00
² g	0.27	31.79	11.73	1.62	30.60	20.51	15.67
² E	0.13	5.51	3.18	0.10	5.08	3.30	1.27
H ² (%)	90	92	94	97	96	96	98
6 Hileras							
² PH	0.33	84.98	8.48	0.66	22.90	13.32	9.59
² g	0.30	77.93	7.28	0.53	21.35	11.81	9.35
² E	0.13	14.09	4.80	0.27	6.17	6.05	0.95
H ² (%)	90	92	86	80	93	89	97
2 y 6 Hileras (combinado)							
² PH	0.31	140.0	10.81	2.07	2.07	21.50	14.87
² g	0.27	134.33	9.36	1.94	1.94	19.56	14.19
² E	0.13	11.33	4.36	0.25	0.25	5.84	2.02
H ² (%)	90	96	86	94	94	91	95

dad en sentido amplio (H^2) varió de 90 a 98; 80 a 97 y 86 a 96 - en las líneas de 2 hileras, 6 hileras y combinado respectivamente. Todas las características estudiadas expresaron valores altos para H^2 . El carácter peso hectolítrico mostró 98, 97 y 95 por ciento de H^2 en las líneas de 2 hileras, 6 hileras y combinados.

El rendimiento de grano registró 90 por ciento de H^2 en las líneas de 2 hileras, 6 hileras y combinado. La H^2 fue 97 por ciento en las líneas de 2 hileras, pero sólo alcanzó el 80 por ciento en las líneas de 6 hileras para el carácter longitud de espiga.

Las correlaciones fenotípicas para diferentes características agronómicas en las líneas de 2 y 6 hileras se presentan en los Cuadros 9 y 10. Para las líneas de 2 hileras se encontraron correlaciones positivas y significativas entre rendimiento con 2 características: días a madurez fisiológica ($r = 0.734$) y peso hectolítrico ($r = 0.869$). Se encontró también una asociación positiva y significativa entre número de granos por espiga con peso de mil granos ($r = 0.648$). El peso de mil granos presentó una relación negativa y significativa con altura de planta ($r = -0.738$). Se encontró una correlación positiva y significativa entre los pares de características: altura de planta con días a madurez fisiológica ($r = 0.776$) y madurez fisiológica con peso hectolítrico ($r = 0.796$).

En las cebadas de 6 hileras se encontraron correlaciones negativas y significativas entre rendimiento con tres caracterís-

Caracter	Granos/ espiga	Peso de grano	Long. de espiga	Altura de planta	Días a mad. fisiológica	Peso por hectolitro
Rendimiento	0.394	0.181	0.297	0.367	0.734*	0.869**
Granos/espiga	-	0.648*	0.315	-0.194	0.139	0.038
Peso de grano	-	-	-0.011	-0.738*	-0.202	-0.002
Long. espiga	-	-	-	0.388	0.600	0.293
Altura planta	-	-	-	-	0.776*	0.448
M. fisiológica	-	-	-	-	-	0.796**

* Significancia estadística al 0.05%

** Significancia estadística al 0.01%

Cuadro 10

Correlaciones fenotípicas para diferentes características agronómicas en 14 líneas de cebada de 6 hileras.

Caracter	Granos/ espiga	Peso de grano	Long. de espiga	Altura de planta	Días a mad. fisiológica	Peso por hectolitro
Rendimiento	0.230	-0.599*	-0.810**	-0.019	-0.133	-0.550
Granos/espiga	-	0.198	-0.160	-0.135	0.280	-0.398
Peso de grano	-	-	0.596*	-0.241	-0.182	0.487
Long. espiga	-	-	-	-0.055	0.600	0.690**
Altura planta	-	-	-	-	0.755**	-0.358
M. fisiológica	-	-	-	-	-	-0.294

* Significancia estadística al 0.05%

** Significancia estadística al 0.01%

-ticas tales como peso de mil granos ($r = 0.599$), longitud de espiga ($r = 0.810$) y peso hectolítrico ($r = 0.550$). Se obtuvo una asociación positiva y significativa entre peso de mil granos con longitud de espiga ($r = 0.596$) y longitud de espiga con peso hectolítrico ($r = 0.690$). También se encontró una relación similar entre altura de planta con días a madurez fisiológica ($r = 0.755$).

Un estudio de correlaciones combinado entre cebada de 2 y 6 hileras (Cuadro 11), también mostró correlación positiva y significativa para rendimiento con 2 características: días a madurez fisiológica ($r = 0.587$) y con peso hectolítrico ($r = 0.529$). El carácter peso de mil granos está directamente relacionado con longitud de espiga ($r = 0.484$) y con peso hectolítrico ($r = 0.472$).

Hubo asociación positiva y significativa entre 2 diferentes partes de características tales como longitud de espiga con peso hectolítrico ($r = 0.613$) y altura de planta con días a madurez fisiológica ($r = 0.752$).

Cuadro 11

Correlaciones fenotípicas combinadas para caracteres agronómicos en cebada de 2 y 6 hileras.

Caracter	Granos/ espiga	Peso de grano	Long. de espiga	Altura de planta	Días a mad. fisiológica	Peso hectolítrico
Rendimiento	0.231	0.247	0.169	0.389	0.587 ^{**}	0.529 ^{**}
Granos/espiga	-	-0.171	-0.294	-0.093	0.350	-0.369
Peso de grano	-	-	0.484 [*]	0.268	0.173	0.472 [*]
Long. de espiga	-	-	-	0.268	0.245	0.613 ^{**}
Altura planta	-	-	-	-	0.752 ^{**}	0.159
Días a mad. fisiológica	-	-	-	-	-	0.189
Peso hectolítrico	-	-	-	-	-	-

DISCUSION

El análisis de varianza para diferentes características agronómicas indicó diferencias altamente significativas para rendimiento, granos por espiga, peso de mil granos, longitud de espiga, altura de planta, días a madurez fisiológica y peso hectolítrico entre los recursos genéticos incluidos en los experimentos individuales de 2 y 6 hileras y análisis combinado (Cuadros 2, 3 y 4). Lo anterior revela una variabilidad considerable para todos los rasgos estudiados por lo que es factible desarrollar un programa de mejoramiento genético para identificar variedades de cebada altamente rendidoras por simple selección en estos recursos genéticos. Amara et al. (1985) y Singh et al. (1986) evaluaron 12 variedades y 20 líneas de cebada respectivamente para diferentes características agronómicas y encontraron diferencias significativas para rendimiento, número de tallos/planta, longitud de espiga, peso de mil granos, días a floración y madurez fisiológica. El coeficiente de variación varió entre 1.60 y 10.97 por ciento y 1.80 a 14.09 por ciento para los experimentos de 2 y 6 hileras respectivamente. Estos valores se consideran aceptables lo que indica que la conducción del experimento y los resultados son confiables.

Sin embargo, el coeficiente de variación para rendimiento se presentó ligeramente alto, 22.16 por ciento y 21.9 por ciento en las pruebas de 2 y 6 hileras respectivamente. Lo anterior se considera fue debido al origen geográfico de los materiales,

nivel de homocigocidad y heterogocidad, por efecto en el muestreo de plantas, así como por la interacción del genotipo con el medio ambiente.

Singh et al. (1986) evaluaron diferentes características agronómicas que contribuyeron a la tolerancia a sequía en cebada y encontraron rangos de coeficiente de variación fenotípica entre 1.92 y 32.89 por ciento así como, coeficientes de variación genética de 0.59 a 17.88 por ciento.

Grafius (1957) definió que el rendimiento es el producto multiplicativo de los componentes del rendimiento tales como, espigas por planta, número de semillas por espiga y peso de mil semillas. Kuruvadi y Cortinas (1985) mencionaron que el rendimiento es un carácter muy complejo controlado por los poligenes del núcleo y genes del citoplasma con una cadena de diferentes interacciones fisiológicas y bioquímicas, además de una interacción con el medio ambiente.

El rendimiento de un cultivo es el objetivo económico principal por lo que en esta investigación se identificaron las 3 variedades con mas alto rendimiento; variedad 5 con 4,389 kg/ha, variedad 4 (3,788 kg/ha) y variedad 2 con 3,667 kg/ha en las variedades de cebada de 2 hileras, mientras que en el experimento de 6 hileras, las 3 variedades con mayor rendimiento fueron: la variedad 11 con 4,278 kg/ha, variedad 6 (4,241 kg/ha) y la variedad 3 con 3,704 kg/ha.

La semilla de estas variedades se deberá incrementar a fin de establecer ensayos avanzados de rendimiento en diferentes localidades para estudiar la estabilidad de rendimiento de los genotipos e identificar así variedades superiores a las actualmente en uso. Las variedades de 6 hileras superaron ligeramente en rendimiento a su contraparte de 2 hileras con 73 kg/ha, lo que representa sólo un 0.25 por ciento. En cuanto a los rendimientos totales, no se observaron diferencias considerables por lo que el fitomejorador y/o productor pueden sembrar cebadas de ambos tipos.

Varios investigadores (Castleberry, 1973; Grafius, 1957 e Int. Rice Res. Inst. 1977) indicaron que cuando existe una relación en un componente de rendimiento se puede compensar en diferentes grados por el aumento en otros componentes de rendimiento dependiendo del ambiente. Rasmusson y Cannel (1970) mencionaron que las correlaciones negativas son muy comunes entre el rendimiento y sus componentes, por lo tanto, el rendimiento se tiene que mejorar a través de aquellos componentes que mayor influencia tengan en el mismo a fin de llegar a obtener líneas sobresalientes.

En este estudio el genotipo 3 presentó máximo número de granos por espiga con 33.5, siguiéndole la variedad 4 con 26 granos en las variedades de 2 hileras. Por otro lado, en las variedades de 6 hileras, la variedad 11 produjo el máximo número de granos con 53, siguiéndole la variedad 9 con 50 granos, la variedad 3 con 47.5 granos y la variedad 6 con 55.5 granos.

De las 14 líneas de 6 hileras, 11 presentaron mayor número de granos que la variedad 3 en cebadas de 2 hileras la cual fue la mas sobresaliente. Además las variedades de 6 hileras superaron hasta en 82.05 por ciento en este caracter a las variedades de 2 hileras. Se detectó en las líneas de 2 hileras un número bajo de granos/espiga, por lo tanto, se deben utilizar las líneas de 6 hileras (11, 9, 3 y 6) como progenitores en el programa de hibridación interespecífica a fin de obtener mejores recomendaciones en la progenie para este caracter.

El peso de mil semillas es un caracter determinante en el rendimiento total y las 4 líneas sobresalientes para esta característica fueron la variedad 7 (39.65 g), variedad 4 (37.79 g), variedad 5 (36.85 g) y la variedad 1 (36.73 g) en los tipos de 2 hileras. En las cebadas de 6 hileras, la variedad 11 (41.34 g), variedad 13 (39.59 g) y la variedad 14 (38.31 g), presentaron altos valores para esta característica.

Las líneas de 6 hileras tuvieron una ventaja de 4.13 por ciento en comparación con las líneas de 2 hileras, sin embargo, la variedad 11 de 6 hileras produjo mayor peso de mil granos.

Heinrich et al. (1983) enfatizaron el mejorar para mayor número de granos/espiga y mayor peso de granos en el mejoramiento genético de cultivos, debido a que estas 2 características tuvieron mayor estabilidad a través de diferentes localidades con ambientes desfavorables. Woodworth (1931) indicó que los rendimientos en cereales de grano pequeño pueden aumentarse por selección

de los componentes de rendimiento y que los progenitores deben seleccionarse en base a los mejores atributos de estos componentes. Lebsock y Amaya (1969) concluyeron que el peso de grano podría ser usado con efectividad en una rápida selección indirecta para obtener líneas con alto peso hectolítrico y posiblemente para lograr mayores rendimientos en la mayoría de las poblaciones F_2 y F_3 .

McNeal et al. (1978) en estudios realizados, concluyeron que el peso de grano y el número de granos por espiga fueron buenas características para incrementar el rendimiento de grano por selección indirecta.

Para longitud de espiga, las líneas de 2 hileras 4 (10.13 cm), 6 (8.94 cm), 5 (8.31 cm) y 8 (8.26 cm), produjeron altos valores, mientras que la variedad 11 de 6 hileras mostró el máximo valor con 7.64 cm. Las líneas de 2 hileras superaron en un 35.85 por ciento a las líneas de 6 hileras.

Debido a lo anterior, se sugiere utilizar las líneas 4, 6 y 8 de 2 hileras como progenitores en los programas de hibridación interespecífica para mejorar la longitud de espiga en cebadas de 6 hileras.

Considerando simultáneamente las 3 características y debido a que no se encuentran juntas en ninguno de los genotipos de 2 y 6 hileras, se sugiere utilizar cruzas simples, dobles, triples y cruzas biparentales, así como retrocruzamientos de la progenie

con ambos progenitores, dependiendo del objetivo del programa para obtener recombinantes superiores. Además se recomienda realizar selección recurrente incluyendo las mejores líneas de 2 y 6 hileras como componentes recombinantes a fin de incrementar la frecuencia de genes deseables, la variabilidad genética, así como para obtener una mejor ganancia genética. El descubrimiento de la androesterilidad en cebada facilita la cruce entre diferentes progenitores, lo que permite utilizar la selección recurrente con mayor facilidad (Wiebe, 1968).

En altura de planta y días a madurez fisiológica, se detectó ligera variación entre los genotipos de 2 y 6 hileras en este estudio. Normalmente, en los programas de mejoramiento de cereales siempre se utiliza presión de selección para un mismo tipo de altura de planta, aproximadamente de 80-90 cm y de precocidad, la cual varía de 110-120 días. Es por esto que se detectó poca variación para estas dos características. Sin embargo, las líneas 3 y 6 de 2 hileras así como las variedades 9 y 4 de 6 hileras, produjeron numéricamente altos valores en cuanto a altura de planta en comparación con otros genotipos. Se identificó a las líneas 9, 8 y 2 en 2 hileras y a las líneas 1 y 12 de 6 hileras como las de menor altura.

A este respecto, Yoshida (1972) indica que la altura de planta es el factor mas importante para determinar la respuesta al nitrógeno en arroz y trigo. Las plantas demasiado altas generalmente presentan acame y disturbios en el movimiento de fotosintatos en el área vascular de la planta. Establece también que se

ha encontrado una estrecha asociación entre la altura de planta y otras características tales como hojas erectas y relación paja/ - grano. En relación con el balance fotosíntesis/respiración, los tallos mas cortos podrían minimizar la baja respiración por el tallo y así incrementar la ganancia neta. Por otro lado, la altura del tallo tendría ciertas ventajas sobre los tallos cortos en la penetración de la luz.

Las variedades muy precoces fueron la 8, 1 y 9 en los genotipos de 2 hileras y la 1, 13 y 11 en los de 6 hileras. Estas líneas pueden madurar 15 días antes que los genotipos mas tardíos - incluidos en este estudio. Las líneas mas precoces señaladas anteriormente, podrían tener mecanismos de escape al establecerse - bajo condiciones de temporal y se pueden utilizar en las rotaciones con diferentes cultivos.

La heredabilidad en sentido amplio varió de 80 a 97 por - ciento para las características de rendimiento, granos/espiga, peso de mil granos y longitud de espiga en los análisis individuales para los genotipos de 2 y 6 hileras, así como en los análisis combinados de ambos tipos de cebadas. Rasmusson y Cannell (1970) estimaron los porcentajes de heredabilidad en sentido estrecho en 2 poblaciones F_4 y se encontraron de 8.6 a 68.2 por ciento para - las características de rendimiento, número de espigas/planta, número de granos/espiga y peso de mil granos. Los bajos valores de heredabilidad en sentido estrecho lo atribuyeron probablemente a la baja variabilidad genética en las poblaciones evaluadas.

Los valores de heredabilidad en sentido amplio para las características altura de planta, días a madurez fisiológica y peso hectolítrico también fueron altas, ya que variaron de 89 a 98 por ciento en los genotipos de 2 y 6 hileras y en los análisis combinados respectivamente, por lo tanto, es muy efectivo para obtener ganancia en los programas de selección en generaciones tempranas y tardías para componentes de rendimiento y características agronómicas.

Fonseca y Patterson (1968) calcularon la heredabilidad en sentido estrecho para las características de precocidad, altura de planta y 3 componentes del rendimiento en un análisis dialélico de 7 progenitores de trigo común en la progenie F_1 y F_2 . Ellos encontraron valores bajos de heredabilidad para las características de rendimiento y componentes de rendimiento, mientras que los valores fueron altos para precocidad y altura de planta.

Un estudio de correlación es muy importante para identificar características útiles y no útiles en los programas de mejoramiento genético de los cultivos así como, para tomar decisiones apropiadas para mejorar el carácter bajo consideración. Existe una correlación positiva y significativa entre rendimiento con 2 características; días a madurez fisiológica y peso hectolítrico con cebadas de 2 hileras. Por lo tanto, el carácter días a madurez fisiológica puede utilizarse como selección indirecta para identificar líneas superiores en el campo. Se encontraron correlaciones positivas y significativas entre altura de planta y días a madurez fisiológica, así como de esta última con peso hectolí-

-trico (Cuadro 9) en cebadas de 2 hileras.

Se encontraron correlaciones negativas y significativas entre rendimiento con peso de grano y longitud de espiga. Cuando se presenta este tipo de correlaciones, es difícil mejorar las características involucradas debido a que mientras una aumenta la otra disminuye. Esta situación se considera que es debida a efectos pleiotrópicos o de ligamiento, por lo que será muy difícil encontrar recombinaciones favorables dada la dificultad de entrecruzamiento en el mismo gene en el caso de genes pleiotrópicos. Por otro lado, si está involucrado el efecto de ligamiento se recomienda aplicar mutaciones inducidas o un gran número de entrecruzamientos de plantas individuales en generaciones segregantes a fin de romper el ligamiento desfavorable (Kuruvadi, 1986).

Rasmusson y Cannell (1970) estudiaron correlaciones fenotípicas entre rendimiento con diferentes características agronómicas en poblaciones F_4 y F_5 de cebada. Encontraron correlaciones positivas y significativas entre rendimiento con número de espigas/planta, semillas por espiga y peso de cien semillas en las poblaciones F_4 , pero en F_5 sólo encontraron correlaciones positivas y significativas entre rendimientos con peso de mil granos. Los autores interpretaron que la selección para cada componente de rendimiento resultaría en una respuesta positiva para aumentar los rendimientos pero la selección para número de espigas por planta sería especialmente efectiva.

Nasr et al. (1973) estudiaron coeficientes de correlaciones entre llenado de grano, acame y otras características agronómicas en cruzas entre genotipos de 6 hileras. Se encontraron fuertes asociaciones entre llenado de grano con peso de mil granos. Además, hubo una tendencia definida hacia un mejor desarrollo agronómico de las plantas mas altas.

El caracter peso hectolítrico presentó alta correlación positiva y significativa con 3 características: rendimiento, peso de mil granos y longitud de espiga. Lo anterior demuestra claramente el efecto de estas características en el incremento del peso hectolítrico.

CONCLUSIONES

- Existe una amplia gama de variabilidad en los genotipos de cebada de 2 y 6 hileras para los diferentes caracteres cuantitativos estudiados.
- Se identificaron los genotipos de 2 hileras Dram, Antártica 04 y ND 4994.16 así como los genotipos de 6 hileras Robust, Cerro Prieto y Gloria "S"/Come "S" CMB 81-294-6B-2Y-8M-0Y como los mas sobresalientes en rendimiento de grano y sus componentes. Se recomienda incrementar la semilla de estos genotipos a fin de establecer ensayos avanzados de rendimiento en diferentes localidades para la formación de variedades superiores.
- La comparación de características cuantitativas en las líneas de 2 y 6 hileras indica que los tipos de 6 hileras superaron en 0.25, 82.05 y 4.13 por ciento para rendimiento, granos/espiga y peso de mil granos respectivamente, mientras que las líneas de 2 hileras produjeron 35.85 y 3.78 por ciento mas en longitud de espiga y peso hectolítrico en comparación con los tipos de 6 hileras.
- Las líneas de 6 hileras expresaron una ligera ventaja con 1.2 y 3.83 por ciento para las características altura de planta y días a madurez fisiológica en comparación con las variedades de 2 hileras.

- No se detectaron valores altos para 3 componentes de rendimiento en los genotipos de 2 y 6 hileras, pero estas características se distribuyen en ambos genotipos, por lo tanto, se recomienda un programa de hibridación interespecífica y selección recurrente para obtener recombinaciones deseables y aumentar las frecuencias de genes superiores en la progenie.

- Se presentaron valores altos de heredabilidad en sentido amplio para todas las características estudiadas en cebada de 2 y 6 hileras, por lo tanto, estos rasgos son efectivos en un programa de selección.

- Se encontraron correlaciones positivas y significativas entre rendimiento de grano con días a madurez fisiológica y peso hectolítrico en cebadas de 2 hileras, mientras que hubo una asociación positiva entre altura de planta con días a madurez fisiológica tanto en cebadas de 2 hileras como en las de 6 hileras.

RESUMEN

Se evaluaron 9 y 14 genotipos de 2 y 6 hileras respectivamente bajo un diseño de bloques al azar con 4 repeticiones con el objeto de comparar las características cuantitativas entre 2 especies, identificar líneas con altos rendimientos, estudiar parámetros genéticos y correlaciones para diferentes características agronómicas.

El análisis de varianza indicó diferencias significativas para rendimiento, granos/espiga, peso de grano, longitud de espiga, altura de planta, días a madurez fisiológica y peso hectolítrico individualmente en los genotipos de 2 y 6 hileras y además en el análisis combinado, revelando variabilidad considerable para estas características en los genotipos incluidos, mostrando la posibilidad de identificar genotipos altamente rendidores e iniciar con éstos un programa de mejoramiento genético. El coeficiente de variación fue aceptable en los análisis individuales y combinado por lo que los resultados son altamente confiables bajo las condiciones prevalecientes en este año. En esta investigación sobresalieron en rendimiento los genotipos Dram, Antártica - 04 y ND 4994.16 de 2 hileras y Robust, Cerro Prieto y Gloria "S" /Come "S" CMB 81-294-6B-2Y-8M-0Y de 6 hileras.

Las variedades de 6 hileras mostraron una ligera ventaja en rendimiento en comparación con las cebadas de 2 hileras.

Para el carácter granos/espiga, los genotipos de 6 hileras tuvieron una media de 39 granos que representa un 82.05 por cien-

-to mas que los genotipos de 2 hileras; en cambio en cuanto a tamaño de espiga, los genotipos de 2 hileras tuvieron una media de 7.92 cm la cual representa un 35.85 por ciento mas que las de 6 hileras.

En efecto el peso de mil granos en los genotipos de 6 hileras con una media de 36.02 gr representó un 4.13 por ciento mas que los de 2 hileras, en cambio el peso hectolítrico con una media de 56.05 gr superó en los genotipos de 6 hileras en un 3.78 por ciento.

Los genotipos Robust, Gloria "S"/Come "S" CMB 81-294-5B-5Y-1M-1Y-0M y Trompillo fueron los mejores para granos/espiga. Para peso de grano los mejores genotipos fueron Robust, Karan 15 y Cerro Prieto. En longitud de espiga destacaron Antártica 04, Cerice y Dram.

La heredabilidad en sentido amplio presentó valores altos de 86 a 96 por ciento para todas las características estudiadas en el análisis combinado, por lo tanto son muy efectivos estos caracteres en los programas de selección.

Para los caracteres días a madurez fisiológica y peso hectolítrico, las diferencias fueron muy pequeñas entre ambos tipos de cebada.

Se encontraron correlaciones positivas y significativas entre rendimiento con días a madurez fisiológica y peso hectolítrico. El primero de estos caracteres puede utilizarse como índice de selección para obtener genotipos superiores en el campo. También se encontraron asociaciones positivas y significativas entre diferentes pares de caracteres.

LITERATURA CITADA

- Almanaque Mundial. 1983. Diccionario Geográfico. Ed. América, -
S.A. Rep. de Panamá. Pág. 154.
- Allard, R.W. 1978. Principios de la mejora Genética de las Plan-
tas. 3er. Ed. Editorial Omega, Barcelona, España.
- Amara, H., H. Ketata and M. Zovaghi. 1985. Use of Barley (Hordeum
vulgare L.) for Forage and Grain in Tunisia. Rachis vol. 4
2:28-33.
- Castelberry, R.M. 1973. Effects of Thinning at Different Growth
Stages on Morphology and Yield of Grain Shorgum (Shorgum
bicolor (L) Moench) Ph.D. Tesis Universidad Nebraska, Lin-
coln, USA.
- Esparza, M.J.H. 1977. Memoria de la II Reunión Técnica de la Uni-
dad de Cereales (Trigo, Cebada, Avena, Triticale y Labora-
torios de Calidad). SARH e INIA. Puebla, Pue., México.
- Fonseca, S. and F.L. Patterson. 1968. Yield Component Heritabili-
ties and Interrelationships in Winter Wheat (T. aestivum -
L.). Crop Sci 8:614-617.
- Grafius, J.E. 1957. Components of Yield in Oats: A Geometric -
Interpretation. Agron. J. 49-419-423.
- Harlan, R.J. 1968. On the Origin of Barley in Barley: Origin Bo
tany, Culture, Winterhardiness, Genetics, Utilization, -
Pests. Agriculture Handbook #338. U.S. Department of Agri-
culture, USA. 9-31.
- Harlan, A.V. and M.L. Martin. 1929. A Composite Hybrid Mixture.
Amer. Soc. Agron. J. 21:487-490.
- Harlan, H.V. and M.N. Pope. 1922. The use and Value of Back Cro-
sses in Small-grain Breeding. Jour Hered 7:319-322.
- Harlan, H.V., L.M. Martin and H. Stevens. 1940. A Study of Methods
in Barley Breeding. U.S. Dept. Agr. Tech. Bulletin #720 -
Pág. 26.
- Heinrich, G.M., C.A. Francis and J.D. Eastin. 1983. Stability of
Grain Sorghum Yield Components Across Diverse Environments.
Crop Sci 23: March-April.
- International Rice Research Institute. 1977. Drought resistance:
Field Performance on Rices in Rainfed Culture. In Annual
Report for 1977. IRRI. Page. 89-97. Los Baños, Filipinas.
- Kuruvadi, S. 1986. Utilidad de Correlaciones en el Mejoramiento
Genético de los Cultivos. Comuna. Periódico UAAAN. 129: -
10-11.

- Kuruvadi, S. y H. M. Cortinas. 1985. Papel de Componentes del Rendimiento en el Mejoramiento Genético del Frijol Común. Comuna. Periódico UAAAN 123:9.
- Larinow, D. 1929. Frage Uber Den Phylogenetischen Zusammenhang Zwischen Zweiszeiliger und Vierseiliger Gerste (Hordeum sat. distichum L. und H.V. polystichum Doll). Angwe Bot. 11:274-284, illus.
- Lebsock, K.L. and A. Amaya. 1969. Variation and Correlation of Agronomic Traits in Durum Wheat. Crop Sci 9:372-375.
- Maya, L.J.L. 1977. Efectividad de la Selección para Caracteres de Herencia Cuantitativa en Generaciones Tempranas de Trigo. Memoria de la II Reunión Técnica de la Unidad de Cereales. SARH e INIA. Puebla, Pue. México.
- McNeal, F.H., C.O. Ovaslet, D.E. Baldrige and V.R. Stewart. 1978. Selection for Yield and Yield Components in Wheat Crop Sci 18:795-799.
- Moncef, M.H., A. Laribi, and M. Bouslama. 1986. Stability and Yield Performance of Some Barley (H. vulgare L.) Cultivars and Mixtures. Rachis Barley and Wheat Newsletter. ICARDA. Syria. 5 (2): 11-14.
- Nasr, H.G., H.L. Shands and R.A. Forsberg. 1973. Correlations Between Kernel Plumpness, Lodging, and Other Agronomic Characteristics in Six-Rowed Barley Crosses. Crop Sci vol. 13:399-402.
- Poehlman, J.M. 1981. Mejoramiento Genético de las Cosechas. 7° Impresión. Ed. Limusa. México.
- Ramírez, P.F. 1977. Memoria de la II Reunión Técnica de la Unidad de Cereales (Trigo, Cebada, Avena, Triticale y Laboratorio de Calidad). Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos e Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Puebla, Pue., México.
- Rasmusson, D.C. and R.O. Cannel. 1970. Selection for Grain Yield and Components of Yield in Barley. Crop Sci 10(4):51-54.
- Reid, A.D. and G.A. Wiebe. 1968. Taxonomy, Botany, Classification and World Collection. In Barley: Origin, Botany, Culture, Winterhardiness, Genetics, Utilization, Pests. Agriculture Handbook N. 338. U.S. Department of Agriculture. USA. 61-84.
- Riojas, G.E. 1977. Variedades Mexicanas de Cebada. INIA. Folleto de Divulgación #49.
- Robles, S.R. 1978. Producción de Granos y Forrajes. Ed. Limusa, S.A. 2° Ed. México.

- Scheimann, E. 1932. Genetische Studien an Gerste. I. Zur Frage Der Brüchigkeit Der Gerste. Ztschr. F. Induktive Abstam. V. Vererbungslehre. 26:109-143.
- Shertsov, V. 1986. Barley Improvement in Krasnodar Region, USSR. Rachis, Barley and Wheat Newsletter. ICARDA, Aleppo, Syria. 5(2):5-10.
- Singh, S.S., Mahabalram and D.P. Singh. 1986. Agronomic Traits - Contributing to Drought Tolerance in Huskless Barley. Rachis. vol. 5(1):12-13.
- Suneson, C.A. 1940. A Male Sterile Character in Barley. Jour. - Hered. 31:213-214.
- Suneson, C.A. and H. Stevens. 1953. Studies with Bulked Hybrid - Populations of Barley. U.S. Dept. Agr. Tech. Bulletin - #1067. Pág. 14.
- Tschermak, E.V. 1914. Die Verwertung Der Bastardierung Für Phylogenetische Fragen In Der Getreidegruppen. Ztschr F. - Pflanzenzücht. 2:291-312, illis.
- Warren, H.L. y J.H. Martin. 1970. Cereal Crops 4° Reimpresion - the McMillan Co. Collier-McMillan Limited. Londres, Inglaterra. 8:478-543.
- Wiebe, A.G. 1968. Breeding. In Barley: Origin, Botany, Culture, Winterhardiness, Genetics, Utilization, Pests. Agriculture Handbook N. 338. U.S. Department of Agriculture. USA. 96-104.
- Woodworth, C.M. 1931. Breeding for Yield in Crop Plants Jour. Amer. Soc. Agron. 23:388-395.
- Yadov, H.S. B.G. Sahi and S.K. Rao. 1986. Combining Ability of Diaraland Genotypes of Barley Rachis, Barley and Wheat - Newsletter. ICARDA, Aleppo, Syria. 5(1)15-16.
- Yoshida, S. 1972. Physiological Aspects of Grain Yield. Annual Review Plant Physiology. 23:437-464.