



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"CUAUTITLAN"

"EFECTO DE LA DOSIS Y EPOCA DE APLICACION  
DE NITROGENO Y SU INTERRELACION CON LA  
APLICACION DE HERBICIDA, EN EL RENDIMIENTO  
Y CALIDAD DEL GRANO DE CEBADA MALTERA  
DE TEMPORAL (*Hordeum vulgare* L.)

T E S I S  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRICOLA  
P R E S E N T A N :  
LUZ MARINA CASTRO CALVA  
ARTURO MUÑOZ CRUZ  
FELIX CRUZ MANUEL

DIRECTOR DE TESIS  
ING. MIGUEL ALBARRAN MILLAN

ASESORES:  
M. C. MA. MAGDALENA OFELIA GRAJALES MUÑOZ  
BIOL. ELVA MARTINEZ HOLGIN  
DR. MANUEL NAVARRO FRANCO  
Q. F. B. ANA MARIA IBAÑEZ CARRANZA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO  
1 9 8 7



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

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

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

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

# C O N T E N I D O

	Pag.
INDICE DE CUADROS -----	i
INDICE DE FIGURAS -----	ii
CUADROS DEL APENDICE -----	iv
FIGURAS DEL APENDICE -----	v
LISTA DE ANEXOS-----	vi
I. INTRODUCCION -----	1
1.1. Definición del problema -----	3
1.2. Objetivos -----	4
1.3. Hipótesis -----	4
II. CARACTERÍSTICAS DEL AREA DE ESTUDIO -----	6
2.1. Aspectos físicos -----	6
2.1.1. Localización geográfica -----	6
2.1.2. Clima -----	6
2.1.3. Suelos -----	8
2.1.4. Vegetación -----	10
2.2. Características del sistema agrícola -----	10
2.2.1. Cultivos de importancia regional -----	10
2.2.2. Prácticas de cultivo para la cebada -----	10
2.2.2.1. Preparación del suelo -----	10
2.2.2.2. Epoca de siembra -----	11
2.2.2.3. Densidad de siembra -----	11
2.2.2.4. Variedades -----	11
2.2.2.5. Método de siembra -----	11
2.2.2.6. Fertilización -----	12
2.2.2.7. Control de malezas -----	12
2.2.2.8. Cosecha -----	12

	Pág.
III. REVISION DE LITERATURA -----	13
3.1. Aspectos generales del cultivo -----	13
3.1.1. Origen geográfico y desarrollo en México -----	13
3.1.2. Clasificación -----	14
3.1.3. Condiciones ecológicas -----	18
3.2. Aspectos fisiológicos del cultivo -----	19
3.2.1. Etapas fenológicas -----	19
3.2.2. Fotoperíodo -----	19
3.2.3. Fotosíntesis -----	19
3.2.4. Llenado y maduración del grano -----	22
3.2.5. Componentes de rendimiento en cebada -----	24
3.3. Parámetros que caracterizan la calidad en el grano de ce bada maltera -----	27
3.3.1. Índice de llenado del grano -----	29
3.3.2. Contenido proteínico del grano -----	30
3.3.3. Poder diastásico potencial -----	32
3.3.4. Extracto potencial -----	33
3.4. Aspectos generales de la fertilización en cebada -----	33
3.4.1. Nutrientes esenciales -----	33
3.4.2. Funciones del nitrógeno en la planta -----	34
3.4.3. Funciones del fósforo en la planta -----	35
3.4.4. Funciones del potasio en la planta -----	36
3.4.5. Extracción de nutrientes por la planta -----	37
3.4.6. Influencia de la dosis y época de aplicación del fertilizante nitrogenado en el rendimiento y cali dad del grano de cebada maltera -----	38
3.4.7. Características importantes de la "urea" como fue nte de fertilizante nitrogenado y su acción en el suelo -----	41
3.5. Aspectos generales de la competencia cebada-malezas y su control mediante herbicidas -----	43
3.5.1. Modo y mecanismo de acción del 2,4-D amina -----	47
IV. MATERIALES Y METODOS -----	50
4.1. Localización del sitio experimental -----	50
4.1.1. Criterios para seleccionar el sitio experimental- -----	50
4.2. Factores estudiados -----	50

	Pág.
4.3. Espacios de exploración -----	52
4.4. Fuentes de fertilizante y herbicida usado -----	52
4.5. Diseño experimental y tratamientos -----	52
4.6. Parcela experimental -----	53
4.7. Trabajo de campo -----	56
4.7.1. Siembra -----	56
4.7.2. Condiciones de siembra -----	56
4.7.3. Aplicación del fertilizante -----	56
4.7.4. Aplicación del herbicida -----	57
4.7.5. Registro de datos durante el ciclo de cultivo ---	57
4.7.5.1. Determinación de la humedad del suelo --	57
4.7.5.2. Medición de la precipitación -----	57
4.7.5.3. Datos fenológicos -----	58
4.7.6. Medición de las variables de respuesta -----	59
4.7.6.1. Número de espigas por metro cuadrado ---	59
4.7.6.2. Longitud de espiga -----	59
4.7.6.3. Altura de planta -----	59
4.7.6.4. Número de granos por espiga -----	60
4.7.6.5. Peso de grano y peso de paja -----	60
4.7.6.6. Humedad del grano -----	60
4.7.6.7. Rendimiento de grano y rendimiento de pa ja -----	60
4.8. Trabajo de laboratorio -----	61
4.8.1. Delimitación del trabajo -----	61
4.8.2. Preparación de las muestras -----	61
4.8.3. Análisis de la calidad maltera del grano -----	61
4.9. Análisis estadístico -----	62
V. RESULTADOS Y DISCUSION -----	64
5.1. Datos ambientales -----	64
5.1.1. Precipitación -----	64
5.1.2. Humedad del suelo -----	65
5.2. Datos fenológicos -----	65
5.3. Resultados a nivel de campo -----	65
5.3.1. Efecto de la dosis y época de aplicación del fer- tilizante nitrogenado sobre las variables de res- puesta -----	67

	Pág.
5.3.1.1. Peso de grano y rendimiento de grano ---	67
5.3.1.2. Longitud de espiga -----	76
5.3.1.3. Humedad del grano -----	78
5.3.1.4. Rendimiento de paja, altura de planta, granos por espiga, espigas por metro cua drado y peso de paja -----	83
5.3.2. Efecto de la aplicación del herbicida 2,4-D amina sobre las variables de respuesta -----	84
5.3.2.1. Granos por espiga -----	86
5.3.2.2. Espigas por metro cuadrado -----	87
5.3.2.3. Humedad del grano -----	88
5.3.2.4. Rendimiento de grano, rendimiento de pa- ja, altura de planta, longitud de espiga, peso de grano y peso de paja -----	88
5.3.3. Interacciones -----	92
5.3.3.1. Granos por espiga -----	92
5.3.3.2. Humedad del grano -----	93
5.4. Resultados de laboratorio -----	97
5.4.1. Efecto de la dosis y época de aplicación del fer- tilizante nitrogenado en el índice de llenado y la proteína total del grano -----	101
5.4.2. Efecto de la aplicación del herbicida 2,4-D amina sobre el índice de llenado y la proteína total del grano -----	108
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES -----	112
6.1. Conclusiones -----	112
6.2. Recomendaciones -----	116
VII. BIBLIOGRAFIA -----	118
VIII. APENDICE -----	122

INDICE DE CUADROS

CUADRO		Pág.
1	VARIETADES MEJORADAS Y LIBERADAS POR EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE CEBADA -----	15
2	VARIETADES RECOMENDADAS PARA EL ESTADO DE HIDALGO -----	15
3	CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS VARIETADES MEXICANAS, MAS IMPORTANTES POR SU COMERCIALIZACION -----	16
4	RELACION DE TRATAMIENTOS BAJO UN DISEÑO FACTORIAL EN PARCELAS DIVIDIDAS PARA EL CULTIVO DE CEBADA MALTERA EN LA LOCALIDAD DE ZAPOTLAN DE JUAREZ, HIDALGO. 1985 -----	54
5	VALORES DE "F" Y NIVELES DE SIGNIFICANCIA OBTENIDOS MEDIANTE ANALISIS DE VARIANZA PARA CADA UNA DE LAS VARIABLES Y MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSION -----	66
6	COMPARACION DE MEDIAS POR EL METODO DE DUNCAN PARA PARCELA CHICA, EN LAS VARIABLES RENDGRAN, LONGESP, PEGRA Y HUMGRA-----	68
7	COMPARACION DE MEDIAS POR EL METODO DE DUNCAN PARA PARCELA GRANDE, EN CADA UNA DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA -----	85
8	RENDIMIENTO DE GRANO (kg/ha) OBTENIDO EN LAS PARCELAS SIN HERBICIDA Y CON HERBICIDA ( $\bar{X}$ DE 4 REPETICIONES) -----	90
9	INDICE DE LLENADO DEL GRANO DE CEBADA MALTERA VAR. CENTINELA, CICLO PRIMAVERA-VERANO, 1985 -----	98
10	PROTEINA TOTAL DEL GRANO DE CEBADA MALTERA VAR. CENTINELA, CICLO PRIMAVERA-VERANO, 1985 -----	100

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA		Pág.
1	AREA DE ESTUDIO, ZAPOTLAN DE JUAREZ -----	7
2	PRECIPITACION Y TEMPERATURA MEDIA EN LA ZONA DE ESTUDIO --	9
3	PLANO DE LOCALIZACION DEL SITIO DONDE SE REALIZO EL EXPERI MENTO -----	51
4	PLANO DE DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS -----	55
5	RESPUESTA DE LA CEBADA A LA EPOCA DE APLICACION DEL FERTI- LIZANTE NITROGENADO CON DOSIS CRECIENTES DE N, PARA LA VA- RIABLE PESO DE GRANO -----	69
6	RESPUESTA DE LA CEBADA A LA DOSIS DE N EN TRES EPOCAS DE APLICACION PARA LA VARIABLE PESO DE GRANO -----	70
7	RESPUESTA DE LA CEBADA A LA EPOCA DE APLICACION DEL FERTI- LIZANTE NITROGENADO CON DOSIS CRECIENTES DE N, PARA LA VA- RIABLE RENDIMIENTO DE GRANO -----	71
8	RESPUESTA DE LA CEBADA A LA DOSIS DE N EN TRES EPOCAS DE APLICACION PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO -----	72
9	RESPUESTA DE LA CEBADA A LA EPOCA DE APLICACION DEL FERTI- LIZANTE CON DOSIS CRECIENTES DE N, PARA LA VARIABLE LONGI- TUD DE ESPIGA -----	77
10	RESPUESTA DE LA CEBADA A LA DOSIS DE N EN TRES EPOCAS DE APLICACION PARA LA VARIABLE LONGITUD DE ESPIGA -----	79
11	RESPUESTA DE LA CEBADA A LA EPOCA DE APLICACION DEL FERTI- LIZANTE CON DOSIS CRECIENTES DE N, PARA LA VARIABLE HUMEDAD DEL GRANO -----	80
12	RESPUESTA DE LA CEBADA A LA DOSIS DE N EN TRES EPOCAS DE APLICACION PARA LA VARIABLE HUMEDAD DEL GRANO -----	82
13	RESPUESTA DE LA CEBADA A LA INTERACCION ENTRE DOSIS Y EPO- CA DE APLICACION DE NITROGENO Y LA APLICACION DE HERBICIDA PARA LA VARIABLE GRANOS POR ESPIGA -----	94
14	RESPUESTA DE LA CEBADA A LA INTERACCION ENTRE DOSIS Y EPO- CA DE APLICACION DE NITROGENO Y LA APLICACION DE HERBICIDA PARA LA VARIABLE HUMEDAD DEL GRANO -----	95

FIGURA		Pág.
15	INFLUENCIA DE LA EPOCA DE APLICACION DEL FERTILIZANTE CON DOSIS CRECIENTES DE NITROGENO EN EL LLENADO DEL GRANO ---	102
16	INFLUENCIA DE LA DOSIS DE NITROGENO EN TRES EPOCAS DE APLICACION SOBRE EL LLENADO DEL GRANO -----	103
17	INFLUENCIA DE LA EPOCA DE APLICACION DEL FERTILIZANTE CON DOSIS CRECIENTES DE NITROGENO EN LA PROTEINA DEL GRANO --	105
18	INFLUENCIA DE LA DOSIS DE NITROGENO EN TRES EPOCAS DE APLICACION SOBRE LA PROTEINA DEL GRANO -----	106

## CUADROS DEL APENDICE

CUADRO		Pág.
1A	CARACTERISTICAS FISICAS DE LA CEBADA Y LA MALTA DE LA VARIEDAD CENTINELA -----	123
2A	CARACTERISTICAS QUIMICAS TÍPICAS DE LA MALTA DE LA VARIEDAD CENTINELA -----	124
3A	NORMAS OFICIALES DE CALIDAD PARA LA RECEPCION DE CEBADA MALTERA -----	125
4A	MILIMETROS DE LLUVIA CAPTADOS POR EL CULTIVO A LO LARGO DE SU CICLO (PRIMAVERA-VERANO, 1985) -----	126
5A	% DE HUMEDAD PRESENTE EN EL SUELO DURANTE EL CICLO DE CULTIVO (PRIMAVERA-VERANO, 1985) -----	127
6A	ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO -----	128
7A	ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE PAJA -----	128
8A	ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA --	129
9A	ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LONGITUD DE ESPIGA-----	129
10A	ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE NUMERO DE GRANOS POR ESPIGA -----	130
11A	ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ESPIGAS POR METRO CUADRADO -----	130
12A	ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PESO DE GRANO -----	131
13A	ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE HUMEDAD DEL GRANO -	131
14A	ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PESO DE PAJA -----	132

FIGURAS DEL APENDICE

FIGURA		Pág.
1A	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION A LO LARGO DEL CICLO DE CULTIVO -----	133
2A	DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION A LO LARGO DE LOS AÑOS 1984 Y 1985, REPORTADOS POR LA ESTACION METEOROLOGICA DE TEZONTEPEC ESTADO DE HIDALGO -----	134
3A	DISTRIBUCION DEL % DE HUMEDAD DEL SUELO DURANTE EL CICLO DE CULTIVO -----	135

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO		Pág.
1	RESULTADOS DEL MUESTREO DE MALEZAS -----	136
2	METODOLOGIA DEL TRABAJO DE LABORATORIO PARA DETERMINAR CALIDAD EN EL GRANO DE CEBADA MALTERA -----	137
3	INDICE DE LLENADO Y % DE PROTEINA ENCONTRADOS EN EL GRANO DE CEBADA MALTERA VAR. "CERRO PRIETO", CICLO PRIMAVERA-VERANO 1984 -----	142
4	RESULTADOS DEL ANALISIS DE SUELOS EFECTUADOS EN ENERO DE 1985 -----	143
5	COSTOS DE PRODUCCION (COMPARATIVOS) CICLO P.V. 1985 Y ANALISIS ECONOMICO ENTRE LA TECNOLOGIA TRADICIONAL Y LA RECOMENDADA -----	145

## I. INTRODUCCION

La superficie del país destinada al cultivo de la cebada hasta 1980 fue de 329,000 hectáreas, de las cuales, aproximadamente 129,000 ha fueron de riego y 200,000 ha de temporal (SARH-INIA-CIAMEC-CAEVAMEX, 1981a).

En el ciclo de invierno, que comprende de noviembre a mayo, la cebada se cultiva bajo condiciones de riego en El Bajío, Valle de Mexicali y pequeñas áreas de los estados de Sonora, Sinaloa, Chihuahua, Coahuila, Aguascalientes y San Luis Potosí donde se obtienen rendimientos medios de 3,500 kg/ha (I.A.S.A., 1983a).

En el ciclo de verano -de junio a octubre- se desarrolla en condiciones de temporal en la región conocida como los "Valles Altos de la Mesa Central", que comprenden los estados de Hidalgo, Tlaxcala, México, Puebla y parte de Veracruz y Distrito Federal, donde este cereal alcanza un rendimiento promedio de 1,250 kg/ha. (SARH-INIA-CIAMEC-CAEVAMEX, 1981a y b; I.A.S.A., 1983b).

En el estado de Hidalgo este cereal ocupa el segundo lugar en importancia después del maíz. En el ciclo primavera-verano de 1983, se destinaron para el cultivo de este cereal un total de 102,457 ha, con una producción de 173,082 toneladas y un rendimiento medio de 1,689 kg/ha; de temporal se cultivaron 99,045 ha, destacando como zonas productoras los Llanos de Apan, Tizayuca, Villa de Tezontepec, Pachuca, Singuilucan Tulancingo y Cuatepec. De riego solamente se destinaron 3,412 ha (INEGI,

1983; INEGI, 1985).

La importancia de este cultivo radica en cuatro causas principales:

- a) Es la base económica de miles de familias que habitan las zonas temporaleras.
- b) Se usa como materia prima para la elaboración de malta, forraje para la alimentación del ganado y puede utilizarse como alimento humano en la elaboración de tortillas, panes y galletas, mezclada con otros cereales como trigo, triticale y avena.
- c) Es un cultivo que debido a su precocidad, puede desarrollarse con escasa e irregular precipitación, escapar a las heladas tempranas y ofrecer al agricultor mayor seguridad de producción de grano cuando éste se ve obligado a sembrar tarde a causa del retraso de las lluvias.
- d) Es resistente a la salinidad ligera del suelo y su costo de producción es bajo, ya que requiere poca mano de obra, bajas cantidades de fertilizantes y agua, además de que puede mecanizarse totalmente (SARH-INIA-CIAMEC-CAEVAMEX, 1981a y b; I.A.S.A., 1983b).

Para la obtención de malta destinada a la fabricación de cerveza se utilizan cebadas de grano cubierto, cuya espiga sea de seis o de dos hileras, mismas que tienen un mejor precio en el mercado y una demanda en constante aumento (I.A.S.A., 1983b).

En general el rendimiento y calidad de la cebada maltera de temporal se ven limitados por diversos factores ambientales que no pueden ser controlados por el agricultor y por prácticas de cultivo que no son correctamente realizadas. Estas últimas, pueden llegar a controlarse de manera adecuada, por lo que es indispensable estudiarlas para tratar de aprovechar los factores no controlables y lograr que el cultivo produzca una mayor cantidad de grano y que éste sea de mejor calidad.

### 1.1. Definición del problema

Considerando la importancia actual y potencial de la cebada maltera en las zonas temporales del estado de Hidalgo, es necesario identificar los factores limitantes de tipo agronómico para optimizar su manejo y poder lograr mejores rendimientos y una calidad adecuada del grano que permita mejorar los ingresos de los agricultores.

Se ha observado que en general los agricultores realizan una adecuada preparación del terreno, usan semilla certificada en las dosis recomendadas y realizan la cosecha en forma oportuna, utilizando maquinaria para la realización de todas las prácticas de cultivo. Sin embargo, descuidan algunos aspectos importantes como el control de malezas y la utilización adecuada de los fertilizantes (dosis y época de aplicación).

Debido a esto se pensó en la realización del presente trabajo, con el cual se pretende estudiar estos factores agronómicos para identificar la interrelación que existe entre la dosis y época de aplicación del fertilizante nitrogenado y la utilización del herbicida adecuado y de esta manera, de acuerdo a los resultados que se obtengan, llegar a generar --

sugerencias que económicamente convengan a los agricultores de la zona.

### 1.2. Objetivos

- a) Determinar la dosis y época de aplicación de nitrógeno adecuados para obtener un rendimiento aceptable y calidad adecuada del grano de cebada maltera, tomando como base los parámetros exigidos por la Industria Maltera Cervecera.
- b) Conocer la respuesta del cultivo a la aplicación tardía de fertilizante nitrogenado.
- c) Evaluar el comportamiento de algunas características de calidad físicas (índice de llenado) y químicas (proteína total, poder diastásico potencial y extracto potencial) del grano de cebada maltera que se cultiva bajo condiciones de temporal.
- d) Analizar la respuesta del cultivo a la aplicación de herbicida para el combate de malezas y en base a esto, determinar si esta actividad resulta económica para el productor.

### 1.3. Hipótesis

- a) La dosis y época de aplicación de Nitrógeno que utilizan actualmente los productores, no es la más adecuada para obtener altos rendimientos y una calidad aceptable del grano.

- b) La utilización de herbicidas es el método de control de malezas más efectivo en el cultivo de cebada y puede resultar económicamente redituable para el productor puesto que debe influir en el rendimiento y en las características de calidad del grano.
- c) Existe una respuesta positiva del cultivo a la aplicación fraccionada del fertilizante y posiblemente a la aplicación tardía del mismo.
- d) Existe una relación directa entre la dosis de fertilizante nitrogenado y el porcentaje de proteína total en el grano.
- e) El rendimiento y las características de calidad del grano, bajo condiciones de temporal, están fuertemente influenciadas por las condiciones ambientales y el manejo del cultivo.

## II. CARACTERISTICAS DEL AREA DE ESTUDIO

### 2.1. Aspectos físicos

#### 2.1.1. Localización geográfica

El municipio de Zapotlán de Juárez está ubicado en la parte Sur del estado de Hidalgo, colinda al Norte con el municipio de San Agustín Tlaxiaca, al Sur con Tezontepec y Tolcayuca, al Este y Noreste con Zempoala y Pachuca y al Oeste con el estado de México (Figura 1). Su altitud es de 2,399 m.s.n.m. y se encuentra aproximadamente a los 19°55' de Latitud Norte y los 98°54' de Longitud Oeste.

#### 2.1.2. Clima

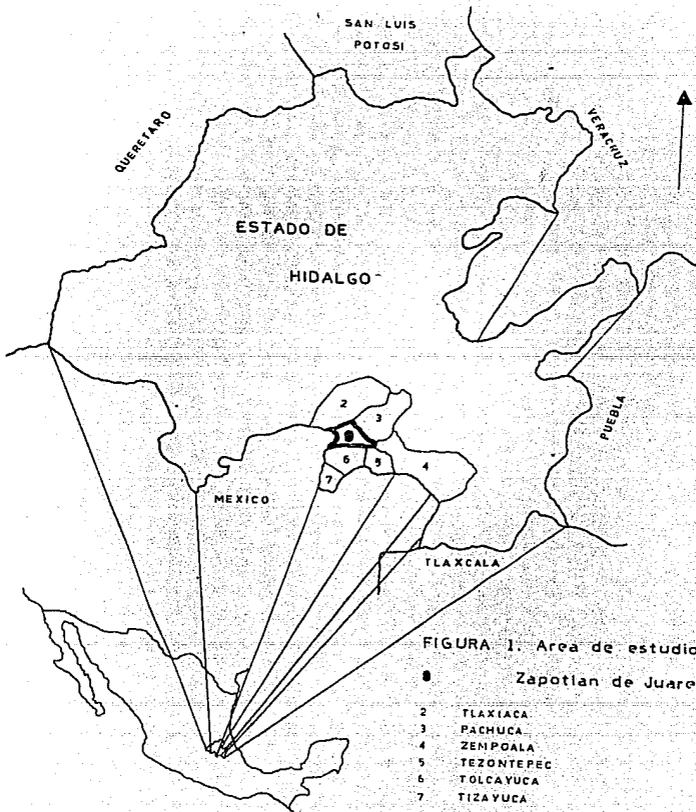
Según la clasificación de Koppen, modificada por García (1981), el clima es de tipo seco-B SI k'w (w)(i)g, con el siguiente significado:

B = Clima seco

SI = El menos seco de los BS, con un cociente P/T mayor a 22.9.

k' = Templado con verano fresco, temperatura media anual entre 12 y 18°C, la del mes más frío entre -3 y 18°C, y la del mes más caliente, menor a 18°C.

w(w) = Régimen de lluvias de verano; por lo menos 10 veces mayor cantidad de lluvias que en el mes más húmedo de la mitad más caliente del año que en el mes más seco, con un % de lluvia invernal -5 de la anual.



(i') = Oscilación anual de la temperatura media mensual con poca oscilación, entre 5 y 7°C.

g = Marcha de la temperatura tipo Ganges, el mes más caliente del año antes de junio.

Presenta una temperatura media anual de 14.5°C y una precipitación total anual de 507.9 mm (promedio de 10 años) (García, 1981). En la Figura 2 se muestra el diagrama ombrotérmico que resulta al graficar la precipitación y la temperatura media de todos los meses del año (promedio de 10 años), reportados por la estación meteorológica 055 ubicada en Tezontepec, Hgo.

### 2.1.3. Suelos

De acuerdo a la Carta Edafológica E-14-B-11 "Tizayuca" de la Dirección General de Geografía del Territorio Nacional (DGGTN) que utiliza el Sistema de Clasificación de Suelos FAO/UNESCO, los suelos de la región son del tipo FE0ZEM HAPLICO, los cuales tienen como característica principal, una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes. Se encuentran en varias condiciones climáticas así como en diversos tipos de terrenos y pueden presentar cualquier tipo de vegetación en condiciones naturales (CGSNEGI-DGGTN, 1981a; CGSNEGI, 1981).

Los suelos del Valle de Tizayuca-Pachuca son planos, delgados, con una profundidad que va de 30 a 40 cm y son de textura migajón arcillosa (Guía para la Asistencia Técnica Agrícola del Valle de México, 1981). De acuerdo a estas características, los suelos son de menor fertilidad en

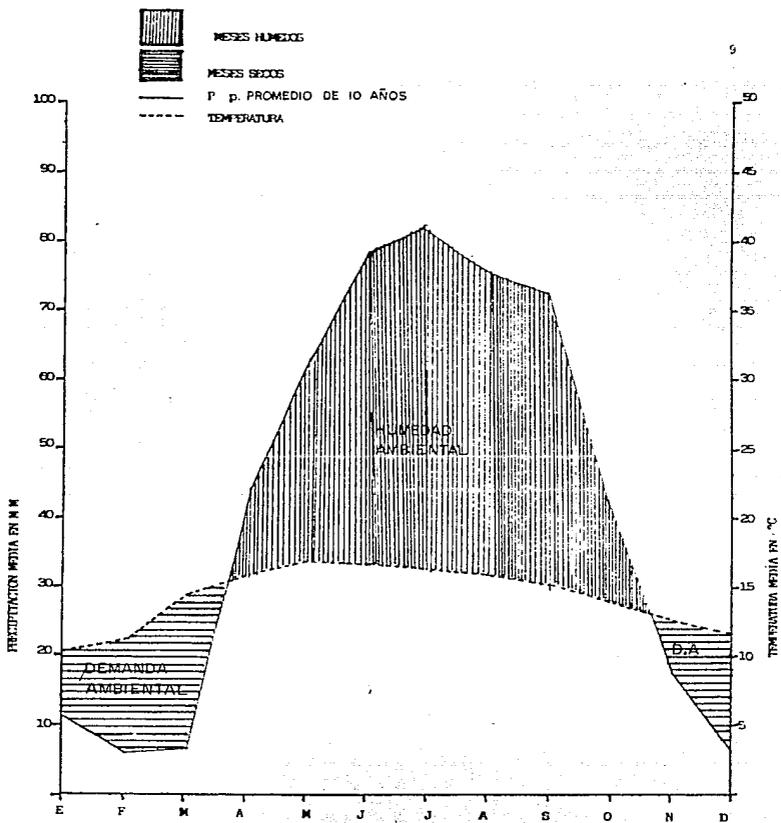


FIGURA 2 PRECIPITACION Y TEMPERATURA MEDIA EN LA ZONA DE ESTUDIO

comparación a los suelos profundos (CGSNEGI, 1981).

#### 2.1.4. Vegetación

En la zona de estudio, la vegetación natural ha sido substituida en su totalidad por cultivos anuales como son la cebada, maíz y frijol, los cuales se desarrollan en condiciones de temporal (CGSNEGI-DGGTN, 1981b).

### 2.2. Características del Sistema Agrícola

#### 2.2.1. Cultivos de importancia regional

Los cultivos de la región, por orden de importancia son: Cebada (*Hordeum vulgare* L.) para malta; Maíz (*Zea mays*) para grano y forraje y Frijol (*Phaseolus vulgaris*). También se cultiva maíz para silo y la avena, siendo éstos de menor importancia (CGSNEGI-DGGTNA, 1981b).

#### 2.2.2. Prácticas de cultivo para la cebada

##### 2.2.2.1. Preparación del suelo

Después de la cosecha, entre noviembre y enero, se realiza un barbecho a una profundidad aproximada de 30 cm utilizando arado de discos. Otra práctica común en la zona es el subsoleo.

En los meses de marzo a mayo, se le da al terreno un paso de rastra para desmenuzarlos, quedando preparado para recibir las primeras lluvias. Antes de la siembra generalmente se realiza otro rastreo en cruz para destruir las malezas que hayan nacido y preparar una buena cama de siembra.

#### 2.2.2.2. Época de siembra

La fecha de siembra depende del período en que se establezcan las lluvias y de la humedad que tenga el terreno. Se recomienda sembrar del 20 de abril hasta el 15 de junio.

#### 2.2.2.3. Densidad de siembra

Generalmente se utilizan 100 kg de semilla certificada por hectárea cuando se utiliza la sembradora de grano fino y 120 kg/ha si se utiliza voleadora o la siembra se hace al voleo en forma manual.

#### 2.2.2.4. Variedades

Las variedades de cebada maltera recomendadas para la zona y en general para todo el estado de Hidalgo son la Centinela, Puebla, Cerro Prieto y Apizaco. Sin embargo, dado que en la región se trabaja con el crédito proporcionado por el BANRURAL, la variedad a sembrar está en función de lo que el banco proporcione; así tenemos que para el ciclo primavera-verano 1984, la variedad proporcionada fue la Cerro Prieto y para los ciclos 85 y 86 fue la Centinela.

#### 2.2.2.5. Método de siembra

La siembra se lleva a cabo dando un paso de rastra e inmediatamente después, la sembradora de grano fino o la sembradora al voleo. El sistema al voleo va desapareciendo año tras año y sólo se utiliza cuando falta la maquinaria adecuada.

#### 2.2.2.6. Fertilización

La dosis de fertilización que se emplea en la zona es la 80-40-00, aplicando todo el fertilizante al momento de la siembra, ya sea al voleo con un paso posterior de rastra o con la sembradora de grano fino. Algunos agricultores realizan la fertilización nitrogenada en dos épocas, la primera a la siembra y la segunda al amacollamiento, ésta última se realiza al voleo procurando que exista humedad suficiente en el suelo.

Los fertilizantes empleados son: urea 46-00-00 como fuente de Nitrógeno y Fosfato diamónico 18-46-00 como fuente principal de Fósforo, los cuales también son proporcionados por el banco.

#### 2.2.2.7. Control de malezas

Con el paso de rastra que se realiza antes de la siembra, generalmente se controlan las malezas que emergen con las primeras lluvias, sin embargo, no se emplean herbicidas para controlar las malezas que crecen junto con el cultivo, por lo que la incidencia de malas hierbas en los sembradíos es muy fuerte. Esto trae como consecuencia que los rendimientos sean bajos y que el precio de venta del grano disminuya por la impurezas (semillas de malezas) que presenta.

#### 2.2.2.8. Cosecha

La recolección del grano se realiza desde los primeros días de octubre hasta fines de noviembre, utilizando máquinas trilladoras (combinada). La cebada maltera debe cosecharse cuando haya madurado perfectamente, el grano se encuentre seco y de un color amarillo cremoso, esto es, cuando tenga un máximo de 13% de humedad (Ramírez, 1982).

### III. REVISION DE LITERATURA

#### 3.1. Aspectos generales del cultivo

##### 3.1.1. Origen geográfico y desarrollo en México

Vavilov (1951), ha descrito dos centros de origen de la cebada. De uno de ellos, Etiopía y Africa del Norte, proceden muchas de las variedades cubiertas con barbas largas, mientras que el otro, China, Japón y el Tibet, dió origen a las variedades desnudas con barbas cortas o sin barbas y a los tipos con granos cubiertos por caperuzas.

Estudios posteriores sugieren que los centros de diversidad de Vavilov no siempre son centros de origen, sino más bien centros secundarios de hibridación, selección y cultivo, como el caso de Etiopía (Evans, 1975).

La cebada se domesticó probablemente en la "Media Luna Fértil" del suroeste de Asia hace unos 9000 años, pues en toda esta extensa zona, aún es posible encontrar poblaciones de los probables progenitores silvestres de esta especie (Helbaek, 1966; citado por Evans, 1975).

Figueroa (1982), e I.A.S.A. (1983a y b), refieren que el cultivo de cebada fue introducido en México por los primeros pobladores españoles, quienes iniciaron las siembras de temporal en los valles altos de la Nueva España con resultados favorables. La cebada cultivada entonces era destinada a la alimentación de los animales de carga y de tracción utilizados

en las minas y en los campos.

Este cereal dio origen a una de las industrias más populares del mundo, la industria maltera-cervecera. En México esta industria empezó a adquirir importancia en 1825, cuando se establecieron pequeñas fábricas de cerveza en varias ciudades del país. A partir de 1890 se inició la estabilidad de la industria cervecera nacional (I.A.S.A., 1983a y b).

Con el establecimiento de la primera fábrica de malta en el país en 1906, se marcó el inicio del desarrollo de la cebada maltera en México. No obstante, que la cebada maltera presentaba ventajas sobre la común, la industria maltera importaba grano debido a que el cultivo presentaba deficiencias en calidad, características agronómicas y susceptibilidad a las enfermedades (Figuroa, 1982).

Desde 1957 a la fecha, el Programa de Mejoramiento en Cebada, creado a iniciativa de la Industria Maltera Nacional, ha venido trabajando sistemáticamente en varios estados de la República logrando liberar variedades (Cuadro 1) con buena calidad, precoces, resistentes a las enfermedades y al acame y de alto rendimiento, disminuyendo las grandes importaciones que la industria realizaba año tras año (Figuroa, 1982).

En los Cuadros 2 y 3 se enlistan las variedades recomendadas para el estado de Hidalgo así como algunas de sus características.

### 3.1.2. Clasificación

En la actualidad el género *Hordeum* comprende cerca de 25 especies. Se encuentran especies tanto diploides ( $2n=14$ ), que son las cultivadas,

CUADRO 1. VARIEDADES MEJORADAS Y LIBERADAS POR EL PROGRAMA DE MEJORAMIENTO DE CEBADA\*

Variedad	Año de liberación	Variedad	Año de liberación
Toluca I	1960	Celaya	1970
Promesa	1963	Puebla	1974
Porvenir	1964	Cerro Prieto	1975
Apizaco	1965	Centinelá	1975
Apam	1967	Tlaxcala	1977
Zoapila	1967	Ensenada	1977
Chevalier	1970	América	1977

CUADRO 2. VARIEDADES RECOMENDADAS PARA EL ESTADO DE HIDALGO\*

Variedad	Promedio de los últimos 5 años			Ciclo	Uso
	Días		Rendimiento		
	Floración	Madurez			
Centinela	52	103	2860	Precoz	Maltero
Puebla	55	105	2763	Precoz	Maltero
Cerro Prieto	58	110	2670	Intermedio	Maltero
Apizaco	61	115	2648	Intermedio	Maltero
Celaya	58	110	2600	Intermedio	Forrajero
Ensenada	60	108	2600	Intermedio	Forrajero

\* SARH, INIA, CIAMEC, CAEVAMEX. 1981. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el estado de Hidalgo.

CUADRO 3. CARACTERISTICAS FISICAS DE LAS VARIEDADES MEXICANAS, MAS IMPORTANTES POR SU COMERCIALIZACION

Variedad	Granos por espiga	Peso de los granos en espiga (gr)	Peso de mil granos BH (gr)	Barbas (cm)	Espiga (cm)	Raquis (cm)	Gluma (mm)	Pelo de gluma (mm)
<u>6 H I L E R A S</u>								
CENTINELA	46	1.74	37.77	10.8	7.5	7.1	5	11.9
APIZACO	51	1.51	29.92	10.0	7.9	7.7	5	12.9
CELAYA**	58	1.85	32.03	9.0	6.9	6.3	4	4.0
CERRO PRIETO	49	1.71	35.17	10.2	8.5	7.8	5	6.0
PUEBLA	51	2.00	40.06	10.8	6.8	6.6	5	4.0
PROMEDIO	51	1.76	34.99	10.2	7.5	7.1	4.8	7.76
<u>2 H I L E R A S</u>								
CHEVALIER	29	1.27	43.15	14.5	11.2	10.2	5.8	4.8
AMERICA***	24	1.26	52.10	13.7	5.9	5.0	4.0	11.0
PROMEDIO	27	1.27	47.63	14.1	8.55	7.6	4.9	7.9

\* Tomado de Figueroa (1982).

\*\* Forrajera

\*\*\* Desnuda

como tetraploides. Las cebadas cultivadas se han clasificado recientemente dentro de tres especies:

- a) *H. vulgare*; de seis carreras con tres florecillas fértiles en cada uno de los dos nudos del raquis.
- b) *H. distichum*; de dos carreras, solamente las flores de la hilera central producen granos normalmente.
- c) *H. irregulare*; las florecillas centrales son fértiles mientras que las laterales pueden ser fértiles, estériles, sin sexo o no existir, estando distribuidas de un modo irregular en cuanto a la proporción de las mismas en la espiga (Poehlman, 1981).

Desde el punto de vista taxonómico, la cebada se clasifica de la siguiente manera:

Reino ----- Vegetal  
 División ----- Tracheophyta  
 Subdivisión ----- Pteropsidae  
 Clase ----- Angiospermae  
 Subclase ----- Monocotyledoneae  
 Grupo ----- Glumiflora  
 Orden ----- Graminales  
 Familia ----- Graminae  
 Género ----- Hordeum  
 Especie ----- Vulgare

La cebada es una planta sexual, porque su multiplicación se realiza por medio de una semilla, cuyo embrión se origina por la unión de un game to masculino y de un gameto femenino; monoica, por encontrarse el androceo

y gineceo en una misma planta; hermafrodita, por encontrarse los dos sexos en una misma flora; perfecta, por encontrarse los dos órganos sexuales en una misma flor (Robles, 1978).

Para la obtención de malta destinada a la fabricación de cerveza se utilizan cebadas de grano cubierto, cuya espiga sea de seis o de dos hileras. De seis hileras son las variedades Apizaco, Cerro Prieto, Puebla, Centinela y Porvenir, mientras que las variedades Chevalier y América son de dos hileras. Se cuenta también con variedades para forraje como son Celaya y Ensenada (Cuadros 2 y 3).

### 3.1.3. Condiciones ecológicas

a) Temperatura:

Mínima : 3 - 4°C

Optima : 20°C

Máxima : 28-30°C

b) Humedad: Prospera bien en regiones secas, aunque tiene un mejor comportamiento bajo condiciones de riego, pero no así en las zonas húmedas y lluviosas cuyas condiciones favorecen el desarrollo de patógenos.

c) Altitud: Puede cultivarse a elevadas latitudes y altitudes, de tal forma que se le puede encontrar desde los 0 a los 3500 msnm.

d) Suelos: Se ha observado que este cultivo se adapta a muy diversos tipos de climas y suelos, siendo esta una de las razones de su distribución mundial. Se ha reportado como

tolerante a la salinidad en comparación con el trigo y la avena; prospera mejor que ambos en suelos de textura arenosa, no así en suelos con un pH ácido. Los mejores rendimientos se obtienen en suelos de tipo migajón con buen drenaje, profundos y con un pH de 6 a 8.5 (Robles, 1978).

### 3.2. Aspectos fisiológicos del cultivo

#### 3.2.1. Etapas fenológicas

La fenología es el estudio de los fenómenos biológicos acomodados a cierto ritmo periódico (Font Quer, 1977). En general para los cereales se consideran las siguientes etapas fenológicas: 1) emergencia, 2) amacollamiento, 3) encañe, 4) embuche, 5) espigamiento, 6) antesis y 7) maduración y llenado del grano, mismas que se presentan en la cebada.

#### 3.2.2. Fotoperíodo

La fotoperiodicidad es la influencia que los períodos diarios de luz y oscuridad tienen sobre el crecimiento, desarrollo y reproducción de las plantas. Trigo, avena, centeno y cebada son plantas de día largo, esto es que inician la formación de las flores solamente cuando la duración del día está por encima de una cierta duración mínima (12 horas); (Greulach y Adams, 1980).

#### 3.2.3. Fotosíntesis

El proceso fisiológico primario denominado fotosíntesis proporciona el mayor incremento en el peso seco del cultivo y la energía metabólica

requerida para el desarrollo del mismo. El curso de la fotosíntesis del cultivo debe por lo tanto ser una mayor determinante del rendimiento. Durante el desarrollo inicial de los cereales las láminas foliares son los principales órganos fotosintéticos y la tasa de crecimiento del cultivo depende de la tasa de expansión foliar y de la tasa de fotosíntesis por unidad de área foliar. (Greulach y Adams, 1980).

Hacia el final del ciclo de vida, con la senescencia de las hojas, la fotosíntesis de los tallos, vainas e inflorescencias tienden a un importante incremento, especialmente en cultivos de grano pequeño que están sujetos a la tensión por sequía. Una característica importante de algunos cereales es la substancial contribución fotosintética hecha por los tallos e inflorescencias, particularmente en los estados tardíos del crecimiento del grano. En cebada, las vainas foliares que envuelven y sostienen las partes bajas del tallo pueden ser tan activas fotosintéticamente como las láminas foliares, consecuentemente, ellas pueden actuar como trampas fotosintéticas para el  $\text{CO}_2$  respirado por los tallos durante el día (Thorne, 1959; citado por Evans y Wardlaw, 1976).

En la misma forma, las brácteas y glumas de las inflorescencias pueden servir como eficientes trampas fotosintéticas para las cantidades substanciales de  $\text{CO}_2$  respirados por los granos durante su crecimiento. Aún más, los tallos y las panojas de los cereales templados tienden a permanecer verdes después de que muchas de las hojas se han secado; aunque esto sea más notable en cultivos deficientes de humedad. En aquellos cereales con inflorescencia terminal con glumas aristadas tales como la cebada, centeno y muchos cultivares de trigo, la fotosíntesis de las panojas pueden ser la mayor fuente de carbohidratos para el crecimiento del

grano (Archbold, 1945; citado por Evans y Wardlaw, 1976). Las panojas están expuestas a plena luz en altas concentraciones de  $\text{CO}_2$  y los asimilados por ellas producidos, por estar más cerca de los granos, están en una posición más favorable para ser utilizados en el crecimiento del grano.

La fotosíntesis de la panoja puede constituir de un cuarto a la mitad de la fotosíntesis total del cultivo y contribuir con un 24 a 34% al crecimiento del grano. Las amplias aristas de la cebada son responsables de tres cuartas partes o más de la fotosíntesis y transpiración de las panojas (Birecka *et al.*, 1964; Biscoe *et al.*, 1973; citados por Evans y Wardlaw, 1976).

Thorne (1966), señala que las hojas, vainas y parte del tallo localizadas debajo de la hoja bandera, contribuyen probablemente con el 15% al peso final del grano. En consecuencia el rendimiento del grano está determinado principalmente por la fotosíntesis realizada por la hoja bandera y la espiga, incluyendo las aristas. Pero el crecimiento anterior a la floración influye en el tamaño y número de sitios de acumulación de almidones y en la superficie fotosintética potencial después de la emergencia de la espiga. Es necesario entonces, darle a la planta condiciones óptimas para que desarrolle a su máxima capacidad los órganos fotosintéticos que van a contribuir al llenado del grano.

Los principales metabolismos fotosintéticos son las formas C-3, C-4 y CAM. El arroz y los cereales templados de grano pequeño como la cebada y el trigo dependen completamente del metabolismo fotosintético C-3, esto es, que el producto primario de la fotosíntesis es un ácido orgánico de

3 carbonos, el ácido fosfoglicérico. En general el metabolismo fotosintético C-3 está adaptado para operar a intervalos óptimos de bajas temperaturas (15-20°C) e intercambiar una cantidad menor de CO<sub>2</sub> a un nivel dado de radiación (Evans y Wardlaw, 1976).

#### 3.2.4. Llenado y maduración del grano

Después de que el ovario ha sido fertilizado, éste crece y el grano alcanza su tamaño normal. La maduración de los granos incluye el estado lechoso, el estado masoso suave (cuando el endospermo adquiere consistencia), el estado masoso duro (cuando el endospermo es firme y el grano cambia de color), grano maduro (el grano es firme y contiene 35% de humedad o menos) y grano cosechable (el grano tiene de 12 a 13.5% de humedad), (Metzger *et al.*, 1984).

El llenado del grano y la maduración del mismo se pueden detectar mediante el aspecto físico del cultivo, utilizando los siguientes parámetros (Metzger *et al.*, 1984):

- a) Días a la maduración: número de días de la plantación a la maduración. La maduración se considera cuando el 50% de las espigas en el terreno muestran que han perdido completamente el color verde. Investigaciones realizadas en la Universidad de Minnesota sugieren que la pérdida del color verde del 95% de los pedúnculos coincide con la maduración fisiológica. Estudios más recientes han reportado que estas dos características o eventos se presentan esencialmente el mismo día.

- b) Duración del llenado del grano: Los días de maduración menos los días a la antesis para un terreno dado.
- c) Índice del llenado del grano: Duración del llenado del grano dividido entre los días a maduración.
- d) Rendimiento del grano: El total de peso seco del grano cosechado en el terreno (kg/ha).

Bajo condiciones ambientales razonablemente constantes, hay un incremento lineal en el peso seco del grano a lo largo del período de su crecimiento. El período de incremento lineal es precedido por un retraso inicial después de la antesis y éste puede terminar por completo repentinamente. La terminación del crecimiento del grano generalmente coincide con la aparición de las características visuales que se toman en consideración para el momento en que el grano llega a la madurez fisiológica que coincide con la terminación de la importación de asimilados por los granos. Los requerimientos de asimilados por la inflorescencia durante el período lento, son relativamente modestos y las reservas contenidas en tallos y hojas tienden a acumularse en ese tiempo (Evans y Wardlaw, 1976).

En los cereales de climas templados, las tasas de crecimiento del grano son menores de 2 mg/día (Evans y Wardlaw, 1976).

Expertos en mejoramiento y fisiología se han interesado en la posibilidad de identificar una óptima duración del llenado del grano para mejorar el rendimiento. Esta relación se ha encontrado en maíz y trigo pero no en cebada, pues la duración del llenado del grano no es un factor que limite o afecte el rendimiento en esta especie. Se ha encontrado además que la planta de cebada requiere de 27 a 30 días para que se logre el - -

llenado del grano (Metzger *et al.*, 1984).

### 3.2.5. Componentes de rendimiento en cebada

El rendimiento de grano en cereales es un carácter complejo que resulta de la interacción de muchos caracteres primarios de la planta entre sí y de estos caracteres con el medio ambiente, en donde el rendimiento desde el punto de vista genético es un carácter controlado por la acción conjunta y aditiva de varios genes, la mayoría de los cuales no han sido identificados (Wallace *et al.*, citados por Beratto *et al.*, 1974). El control genético del rendimiento es incierto y se ejerce a través del control de los componentes fisiológicos (procesos fisiológicos) los cuales interactúan para dar un rendimiento económico.

Los principales componentes fisiológicos de rendimiento son: la acumulación de fotosintatos que se expresa como el peso seco total de la planta, es decir, su rendimiento biológico y de la distribución de dichos fotosintatos que está representado por el peso de la semilla el cual expresa el rendimiento económico. Por su parte (Evans y Wardlaw, 1976) nos dicen que dentro de los componentes de rendimiento fisiológicos se encuentran incluidos la tasa de crecimiento del cultivo, utilización de la luz, intercambio neto de CO<sub>2</sub>, movilización y distribución de fotosintatos, actividad enzimática y la respiración.

El rendimiento biológico tiene su expresión morfológica en las estructuras de la planta: la raíz (que rara vez se toma en consideración) y los diferentes órganos aéreos: tallo, hojas, flores, botones y frutos. El rendimiento económico tiene su expresión morfológica en el grano el

cual es el resultado de otros componentes morfológicos como son las vainas, pericarpio, flores, botones, yemas, etc. En la formación del grano, que es la secuencia de transformaciones de los diferentes órganos hasta su formación, se presentan diferentes fenómenos fisiológicos tales como la abscisión de órganos, polinización, aborto de la semilla, etc. (Kohashi, 1966).

Es posible pensar en el rendimiento, no como una medida estadística de productividad de la planta, sino como el resultado final de componentes contribuyentes e interrelacionados, cada uno determinado por su propio conjunto de factores controladores. Para la cebada, los componentes de rendimiento importante son:

$$\text{Cebada: Rendimiento} = \text{Número de espigas por unidad de área} \\ \times \text{Número de granos por espiga} \times \text{Peso} \\ \text{principal por grano. (Langer y Hill,} \\ \text{1982).}$$

Se considera que un incremento en algunos de los componentes del rendimiento determinará un aumento en el rendimiento económico siempre y cuando no haya disminuido correspondientemente en los otros componentes. En la práctica, a medida que un componente del rendimiento aumenta, los otros tienden a declinar. Cuando la capacidad de amacollamiento aumenta, las espigas tienden a ser más cortas o el tamaño de los granos se reduce (Evans y Wardlaw, 1976).

Algunos componentes, como espigas por  $m^2$  y espiguillas por espiga muestran relaciones de compensación, seguramente debido a competencia (Beratto *et al.*, 1974).

Efectos compensatorios del amacollamiento en caracteres de rendimiento como número de espiguillas, de grano y peso de grano por espiga, han sido señalados por varios investigadores (Guitard *et al.*, 1961; Pelton, 1969; Aguilar y Fischer, 1972; citados por Tola *et al.*, 1977).

El amacollamiento determina el número de espigas por unidad de superficie, que es altamente influenciado por el ambiente. En especial la densidad de siembra que regula la producción de tallos primarios, secundarios, terciarios, etc. (Tola *et al.*, 1975).

El estudio de los componentes de rendimiento del grano ayuda a detectar las diferencias en el rendimiento de grano producidos por los tratamientos. El número de espigas por  $m^2$  es un componente de rendimiento fuertemente afectado por la fecha de siembra. Los granos por espiga muestran una tendencia ascendente cuando se retarda la fecha de siembra. Por otra parte se nota que cuando las espigas por  $m^2$  declinan se incrementan los granos por espiga, de esta manera, el incremento en el tamaño de la espiga ayuda a compensar las pérdidas por un menor número de plantas (Knapp y Knapp, 1977).

Recientemente se considera (Bingham, 1969; Fischer, 1972; y Yoshida, 1972; citados por Berato *et al.*, 1974), que el rendimiento depende directamente de dos factores; el suministro de carbohidratos en el período post anthesis y la capacidad de almacenamiento de carbohidratos en los granos. Este último es el resultante del producto de otros dos factores; el número de granos por  $m^2$  y la capacidad asimilatoria de cada grano. Este planteamiento se toma como base para relacionar en forma secuencial el rendimiento con cada uno de los componentes numéricos.

### 3.3. Parámetros que caracterizan la calidad en el grano de cebada maltera

Según García-Pelayo (1977), el término calidad proviene del latín "qualitas", que significa: conjunto de cualidades, superioridad o excelencia de alguna cosa.

Cooke (1978), por su parte, dice que la calidad es un término muy usado, rara vez definido y con frecuencia mal usado. Su significado real es, según este autor, "adecuado para un propósito".

En la cebada para uso maltero el término "calidad" se puede encontrar frecuentemente en la literatura que existe sobre el cultivo y es muy usado por las diversas personas e instituciones que tienen relación con la cebada. Sin embargo, no existe una definición concreta de lo que es la calidad, pues es un término muy amplio que engloba muchas características tanto físicas como químicas del grano y de la malta (Cuadros 1A y 2A del Apéndice).

Las variedades de cebada maltera disponibles para el agricultor, son el resultado de un largo proceso de mejoramiento y selección para calidad maltera. Dicho proceso se inicia cuando se presenta el máximo de segregación genética entre las plantas y se prosigue con diversa intensidad hasta que la homocigosis es alcanzada; esto ocurre en la sexta o séptima generación después de una cruce. Los análisis de los diversos factores de calidad maltera se efectúan a partir de la tercera generación, efectuándose de manera más completa a medida que las líneas son más avanzadas. Estos análisis son utilizados por los fitomejoradores para seleccionar las líneas más promisorias para calidad maltera y que por expresar en el campo

buenas características agronómicas, pueden llegar a variedades comerciales, (Navarro, comunicación personal\*).

La cebada maltera es un producto que tiene que pasar por diferentes etapas como son: la producción del cultivo en campo, la comercialización del grano cosechado y el procesamiento del grano a nivel industrial; siendo en las dos últimas, donde el grano tiene que cumplir con determinados requisitos o normas de calidad.

Es por esto que a nivel de campo, el agricultor debe de manejar adecuadamente el cultivo para que pueda obtener altos rendimientos y que el grano producido cumpla con las normas oficiales de calidad que se le exige al momento de la comercialización (Cuadro 3A del Apéndice) pues, dependiendo de la calificación que obtenga, el productor se hará acreedor a bonificaciones o deducciones. Como se puede ver en el Cuadro 3A, las normas de calidad que se exigen al momento de la comercialización se basan en características físicas del grano.

La siguiente etapa que es el procesamiento industrial se divide en dos partes: la primera es la elaboración de la malta en donde el grano se maneja en lotes de acuerdo a su tamaño y variedad y la segunda, que comprende la utilización de la malta por la industria cervecera, que toma en consideración básicamente las características químicas del grano malteado y también algunas características físicas de la malta como son el por ciento de humedad, por ciento de recuperación maltera y consistencia del endospermo. En los Cuadros 1A y 2A se pueden apreciar las características físicas y químicas en cebada y malta de la variedad Centinela.

\* Dr. Manuel Navarro Franco. Coordinador del Prog. de Cebada y Avena de la Zona Centro. INIA-CIAMEC. Chapingo, Méx.

El análisis de calidad maltera en cebada incluye las siguientes determinaciones:

- a) Índice de llenado
- b) Humedad
- c) Proteína total
- d) Poder diastásico potencial
- e) Extracto potencial

De estas pruebas, el índice de llenado y el contenido de proteína total del grano, son las primeras en realizarse, pues constituyen buenos indicadores del comportamiento del poder diastásico y el extracto potencial, dado que se conoce la forma en que se relacionan estos parámetros de calidad. Así tenemos que si el por ciento de proteína total es elevado, esto coincide con un índice de llenado bajo, mientras que el Extracto potencial dará valores bajos y el Poder diastásico se elevará considerablemente. La determinación de proteína total es especialmente importante pues de ella depende que la muestra de grano pase al remojo piloto y posteriormente al micromalteo, las cuales son pruebas preliminares que deben realizarse cuando se requieren estudios sobre la malta (Ibáñez, comunicación personal\*).

### 3.3.1. Índice de llenado del grano

El uso de este índice fue propuesto por Banasik *et al.*, (citados por Figueroa, 1982), debido a la valiosa información que proporciona el reunir los datos parciales obtenidos en la clasificación del grano por tamaño.

---

\* Q.F.B. Ana María Ibáñez Carranza. Enc. del Laboratorio de Cebada y Avena del CIAMEC. Chapingo, Méx.

El Índice de llenado se correlaciona estrechamente con otros factores de calidad importantes, más que cualquiera de sus informaciones parciales, utilizándose en la predicción del porcentaje de extracto de molienda fina, conduciendo a mejores estimaciones de las diferencias genéticas. El valor del Índice de llenado puede variar de 400 como mínimo a 600 como máximo (Figuroa, 1982).

La cebada con grano lleno y de tamaño uniforme es apropiada para el malteo, debido a que asegura una misma velocidad de absorción de agua en la mayoría de los granos y desarrolla excelentes germinaciones, produciendo a la vez, altos rendimientos de extracto. Por otra parte, los granos pequeños tienen menor velocidad de absorción de agua que los grandes, pero presentan también menor volumen lo que produce que estos granos (minoría) sobrepasen los límites de absorción de agua de 45% rápidamente, germinando de manera deficiente. Otras de las desventajas que presentan, es su bajo rendimiento de extracto y alta proteína que pueden provocar turbidez en el mosto. Debido a lo anterior, este grano se separa y se emplea en la fabricación de alimentos balanceados (Figuroa, 1982).

### 3.3.2. Contenido proteínico del grano

La proteína es un factor que varía ampliamente con las condiciones ecológicas y del suelo, siendo generalmente el índice de calidad más importante para predecir la calidad de la malta (Figuroa, 1982). Este mismo autor señala que el escaldado del grano debido a intensos calores que aceleran la maduración de la cebada, desequilibran la proporción de almidón en el endospermo y aumentan los niveles de proteína, puesto que son las primeras en formarse. Estos aumentos están estrechamente asociados

con aspectos negativos, como son menores cantidades de extractos, altas diferencias de éstos y problemas de turbidez en sus mostos, además de que existe una limitante en los niveles de proteína ya que porcentajes menores de 10.5 no proporcionan alimento suficiente en el mosto para que se desarrollen normalmente las levaduras, produciéndose fermentaciones alcohólicas deficientes. En contenidos superiores al 13.5% se forma turbidez en los mostos.

Molina (1980), menciona que aunque es típico decir que las cebadas cerveceras deben tener un contenido proteínico bajo, esto es cierto solamente a medias, porque tanto la beta-amilasa, determinante del poder diastásico, como la alfa-amilasa y todas las enzimas proteolíticas relevantes son obviamente proteínas. Además, es necesario que el mosto resultante de la maceración de la malta, contenga una cantidad adecuada de nitrógeno en forma de aminoácidos libres, para la nutrición de las levaduras.

Delorit y Ahlgren (1982), señalan que en la cebada para malta es indeseable un alto contenido de proteína debido a que aumentan los costos del malteo y reduce el valor de la malta, por el hecho de que se prolonga el tiempo requerido para el remojo y ocasiona una germinación dispareja; produce malta con bajo extracto, lo cual reduce el rendimiento en cerveza; con actividad enzimática excesiva, reduce la suavidad de la malta; ocasiona mayores pérdidas durante el malteo debido al crecimiento anormal de los granos y produce mostos con un alto contenido de proteína, el cual puede ocasionar cambios en el procesado y el carácter de la cerveza. Se menciona además, que el almidón es el más valioso constituyente de la malta, pues cuanto más almidón hay en el grano, más extracto total podemos esperar de la malta. También influyen en el extracto las proteínas y

pentosanos.

De las proteínas consideradas en el análisis, la glutelina y la hordeína predominan en el pericarpio y en las capas de aleurona, mientras que las solubles en agua y sales, leucosin y edestina, forman las paredes de las células del endospermo que contienen los gránulos de almidón. El endospermo está compuesto de un 85 a 90% de almidón y es pobre en azúcares simples (Aguado *et al.*, 1978).

### 3.3.3. Poder diastásico potencial

El poder diastásico se define como la habilidad del grano malteado, para transformar los almidones en azúcares reductores. Esta habilidad se estima en la velocidad de reacción de las enzimas que producen cantidades de azúcares por unidad de tiempo. La unidad de la medida es el grado Lintner (°L). La estimación del poder diastásico se refiere a la actividad conjunta de todas las enzimas amilolíticas, como son la alfa-amilasa, beta-amilasa, glucosidasa, beta-glucanasa, citasas, etc.

Las enzimas diastásicas más importantes en la malta, son las del grupo dextrinogénico, que comprende la beta-amilasa y la alfa-amilasa. La beta-amilasa, es llamada enzima "sacarogénica" por ser productora de maltosa y de otros azúcares reductores, al atacar las moléculas de amilopectina y amilasa en el enlace glucosídico  $\alpha$  1-4 y deteniendo la hidrólisis hasta la dextrina, límite de alto peso molecular.

En el método de predicción de los potenciales diastásicos del grano de cebada sin maltear, se analiza la actividad de la beta-amilasa, siendo necesario tomar en cuenta la actividad de la alfa-amilasa, que no se ---

encuentra en el grano de cebada en cantidades apreciables, debido a que se desarrolla durante la germinación de la malta (Figueroa, 1982).

### 3.3.4. Extracto potencial

El extracto, representa la cantidad de sólidos solubles que pasan del grano malteado al líquido de cocimiento y es el factor más importante para el rendimiento industrial. En el extracto potencial (en el grano sin maltear), el principal objetivo es determinar el grado o facilidad de modificación de los almidones por acción de las enzimas, lo cual predice la cantidad de sustancias que se pueden extraer de la malta. La modificación del almidón presente en el endospermo está en función del grado de ramificación de las moléculas de amilopectina y de la cantidad de amilosa (Figueroa, 1982).

## 3.4. Aspectos generales de la fertilización en cebada

### 3.4.1. Nutrientes esenciales

Los nutrientes esenciales mayores o macroelementos necesarios para el crecimiento de la cebada son el C, H, O<sub>2</sub> (abastecidos por la atmósfera), N, P, K, Mg, Ca y S. Los elementos traza esenciales son el Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo y Cl. (Briggs, 1978).

La cebada es un cultivo con bastante tolerancia a la salinidad y que responde favorablemente, por lo menos bajo ciertas condiciones, a las aplicaciones de Na. Esto se debe en gran parte, a la sustitución del Na en el requerimiento de K del cultivo, cuando el nivel de K es bajo (Truong *et al.*, 1953; citados por Dregne y Hessian, 1975).

### 3.4.2. Funciones del Nitrógeno en la planta

El Nitrógeno es un constituyente esencial de todas las proteínas en las plantas, de la clorofila y de muchas enzimas (Cajuste, 1977). El efecto más conocido del nitrógeno es el color verde de las hojas ya que junto con el Mg es un constituyente de la clorofila ( $C_{33}H_{42}O_5N_4Mg$ ), compuesto esencial para "atrapar" la luz y convertir al C-O-H en azúcares sencillos (fotosíntesis) (Ortiz, 1977).

El Nitrógeno existe en las plantas en formas orgánicas e inorgánicas, pero las formas inorgánicas (en su mayor parte nitratos), generalmente forman una muy pequeña parte del porcentaje total. El Nitrógeno es absorbido como  $NO_3^-$  (aunque el  $NH_4^+$  puede también absorberse por las plantas). Una vez en el interior de las plantas del  $NO_3^-$  se reduce, primero a  $NO_2^-$  y después a  $NH_4^+$  y en esta forma se incorpora en el interior de las formas orgánicas (Cajuste, 1977).

La carencia de este elemento restringe el crecimiento de la raíz y de los vástagos. Reduce el crecimiento de los renuevos produciendo vástagos pequeños y delgados, poco densos y hojas verdes pálidas. La clorofila y carotenoides de las hojas son reducidos. Las espigas son pequeñas y el grano puede madurar prematuramente (Briggs, 1978).

Un abonado excesivo con este nutriente puede aumentar el contenido de aminoácidos en la planta (Baeyens, 1970), las plantas se acaman, pues el N favorece la succulencia y crecimiento de hojas en la planta (Briggs,

1978), reduciéndose el rendimiento, retardando la maduración y favoreciendo la susceptibilidad a enfermedades (F.A.O., 1985).

Si se le suministra desbalanceado con respecto a otros nutrimentos, puede retardar la floración y fructificación (N.P.F.I., 1980).

#### 3.4.3. Funciones del Fósforo en la planta

El Fósforo forma parte de muchos compuestos esenciales en las plantas, una de sus funciones más importantes está relacionada con los procesos energéticos dentro de las plantas. Las formas químicas en las cuales el P se conoce dentro de las plantas incluye los ortofosfatos, los fosfolípidos, la fitina, los azúcares fosforilados, las nucleoproteínas, los ácidos nucleicos y otros. El P tiende a concentrarse en los tejidos jóvenes con crecimiento activo y en las semillas de las plantas (Tisdale y Nelson, 1966; Epstein, 1972; citados por Cajuste, 1977).

Según Baeyens (1970), el P es necesario especialmente para la formación de las semillas (almidón). El P se encuentra en relación estrecha con la producción de vitaminas y citocromos. Estimula indirectamente el desarrollo radicular e influye en la calidad de algunos productos agrícolas como la cebada para cervecería.

Miller (1981), coincide con los anteriores autores en que una gran proporción del P en la planta madura se encuentra en las semillas y en el fruto. Agrega además que el P es abundante en las células meristemáticas y es componente de la lecitina y de los ácidos nucleicos. Durante la maduración de las semillas, las plantas toman grandes cantidades de P.

La deficiencia de este elemento restringe mucho el crecimiento. Las hojas son de un verde azulado y eventualmente de tipo castaño y mueren. Cuando existe una deficiencia severa, debido a los pigmentos de antocianina, el color de las hojas, tallos y espigas puede ser púrpura. El grano puede madurar tardíamente (Briggs, 1978).

El P acelera la maduración contrarrestando el efecto unilateral de un exceso de N (Baeyens, 1970). En algunos ensayos de invernadero, crecimientos adicionales como respuesta a la adición de fertilizante nitrogenado sólo ocurren por encima de ciertos niveles cuando es suministrado con exceso de agua y fósforo.

Guenkov (1983), afirma que el P contribuye a contrarrestar los efectos desfavorables causados por la nutrición unilateral con N, por ese motivo, el uso de grandes cantidades de abonos nitrogenados debe realizarse paralelamente con la incorporación de suficientes cantidades de fósforo.

#### 3.4.4. Funciones del Potasio en la planta

El K existe en las plantas en forma de sales solubles orgánicas e inorgánicas, las que se encuentran en la savia (Cajuste, 1977). Imparte a las plantas gran vigor y resistencia a las enfermedades, coadyuva en la producción de proteínas, aumenta el tamaño de granos y semillas, es esencial para la formación y desplazamiento de almidones, azúcares y aceites (N.P.F.I., 1980). Estimula el crecimiento de los entrenudos y fortalece los tallos (F.A.O., 1980).

Su carencia causa vástagos enanos, con entrenudos cortos, un excesivo número de vástagos pero con pocas espigas, las cuales son pequeñas y

tienen pocos granos (Briggs, 1978). Un abundante abonado con K puede remediar una situación anormal producida por un abonado excesivo con N, (Mengel, 1968; citado por Baeyens, 1970).

#### 3.4.5. Extracción de nutrientes por la planta

Según Alcalde (1979), la absorción para cada uno de los nutrientes es diferente y ésta no transcurre paralela a la curva de formación de material vegetal, puesto que los distintos nutrimentos son requeridos de acuerdo a sus funciones fisiológicas en forma integral pero también diferencial en los diferentes estadios del crecimiento.

**N** : La absorción se lleva a cabo preferentemente cuando es formada la proteína plasmática.

**P** : El primer ápice de requerimiento se presenta al principio durante la formación de las raíces, el segundo se observa al iniciarse la fase reproductiva.

**K** : Este es absorbido de preferencia cuando la síntesis de carbohidratos es intensa durante la fase vegetativa, así como para la producción de masa foliar y finalmente en la fase reproductiva durante la época de almacenamiento de substancia.

F.A.O. (1985), dice que mediante la cosecha del cultivo de cebada se extraen las siguientes cantidades de nutrientes en kg/ha.

N = 50

S = 6

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = 20

Cu = 0.04

$K_2O$	= 40	$Mn$	= 0.3
$Ca$	= 9	$Zn$	= 0.1
$Mg$	= 4		

#### 3.4.6. Influencia de la dosis y época de aplicación del fertilizante nitrogenado en el rendimiento y calidad del grano de cebada maltera

En general, existe una relación entre la cantidad de N absorbido y las cantidades de clorofila y prótidos producidos por la planta (Baeyens, 1970), lo cual es favorecido por el hecho de que las cosechas reaccionan más rápidamente a la aplicación del nitrógeno que a la de P o K (Miller, 1981).

Según Michaelson *et al.*, (1982), los niveles de proteína en el grano se incrementan linealmente entre 45 y 135 kg de N/ha. Similares efectos por N en la proteína de la cebada fueron reportados por Walker en 1975 (citado por Michaelson *et al.*, 1982), quien además dice que el rendimiento del grano se incrementa cuadráticamente con adiciones de N, mientras que el contenido de proteína se incrementa de manera lineal.

Si se considera que una planta absorbe y acumula N al pasar a la fase reproductiva, este N es traslocado casi en su totalidad de todos los órganos de la planta hacia el grano, de ahí que el N se encuentre en mayor concentración en el grano que en el rastrojo (Alcalde, 1979).

Michaelson *et al.*, (1982), reporta que la adición de 34 ó 122 kg de P o K/ha tiene poco efecto en el contenido de proteína del grano. Los mismos autores, al estudiar las interacciones entre N y P, encontraron que cuando no se aplica P, el rendimiento responde limitadamente a las - - -

aplicaciones crecientes de N; sin embargo, si se aplican 34 kg de P/ha el rendimiento se incrementa notablemente, obteniéndose rendimientos similares si se aplican dosis mayores de P. Otros trabajos han demostrado que el P incrementa la respuesta al N en el cultivo de cebada bajo condiciones controladas y en cultivos hidropónicos (Martel y Zizka, 1977; Mac Leold, 1969; citados por Michaelson *et al.*, 1982).

El rendimiento del grano como respuesta al N fue significativamente incrementado por la adición de K resultando significativa la interacción N-K, esto concuerda con lo reportado por Mac Leold (1969), quien afirma que el K ayuda grandemente a la utilización del N y da como resultado el incremento en rendimiento en el cultivo de cebada.

Knapp y Knapp (1977), usando dosis de: 0N - 0P, 22N - 0P, 0N - 20P, 22N - 20P en kg/ha, encontraron que el rendimiento en cebada respondía a las bajas aplicaciones de N y P, obteniéndose mejores resultados cuando el P está presente, ya sea que se aplique o no N, pues la sola aplicación de P incrementa el rendimiento, mientras que el N produce rendimientos similares con los tratamientos (0N-0P y 22N-0P).

Los mismos autores señalan que cuando la cebada es sembrada después del tiempo óptimo, la fertilización con P es especialmente importante pues ayuda a aliviar los efectos detrimentales de la plantación tardía. Este efecto benéfico fue observado en suelos de mediana fertilidad. La cebada que se siembra en suelos con altos contenidos de P también responderá favorablemente porque el P aplicado estaría más disponible para las plantas.

Riojas y Venegas (1982), recomiendan para el estado de Hidalgo, aplicar 80 kg de N y 40 kg de P/ha, añadiendo que el N puede aplicarse al -

momento de la siembra, "o si se prefiere", se puede hacer en dos partes aplicando la mitad en la siembra y la otra mitad antes de los 35 días después de que se ha sembrado. El P debe suministrarse todo durante la siembra.

Albarrán (1980), encontró que en el Distrito de Temporal III, Tula cingo Hidalgo, el cultivo de cebada respondió hasta 80 kg de N/ha, y al pasar a 120 kg de N/ha se tuvo un decremento significativo en el rendimiento. Con respecto al P, se observó una respuesta positiva hasta 60 kg/ha pues al pasar a 90 kg/ha se abatía el rendimiento.

Al medir el efecto de la oportunidad de aplicación, el mismo autor reporta que la respuesta se da hacia la aplicación fraccionada del N, encontrando que la diferencia de la aplicación a la siembra fue de 270 y 140 kg/ha con respecto a la aplicación fraccionada de 1/2 NPS - 1/2 N Amacollo y 1/3 NPS 2/3 N Amacollo respectivamente.

El autor anterior concluye que la mejor opción para la zona en cuestión es la de aplicar la dosis 60-30 aplicando el fertilizante en forma fraccionada.

En la Guía para la Asistencia Técnica del Valle de México (1981), se recomienda para el Valle de Tizayuca-Pachuca, la dosis de 40-30 kg de N y P/ha en los suelos planos, delgados y de textura migajón arcillosa característicos de esta área.

Con respecto a la época de aplicación del fertilizante nitrogenado, Alcalde (1979), menciona que para el caso de este nutriente, la absorción disminuye considerablemente en la etapa de diferenciación y que, en consecuencia, no tiene sentido la aplicación de fertilizante al suelo. Menciona

además, que una forma de fertilizar tardíamente, es utilizando fertilizantes foliares ya que lo que se detiene es la absorción a nivel radicular, mas no así la asimilación.

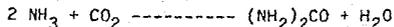
En otros cultivos como el trigo y la avena, se ha encontrado que el rendimiento de grano es aproximadamente constante cuando el nitrógeno es aplicado a la siembra o al amacollamiento, mientras que si se aplica después del espigamiento es inefectivo para aumentar el rendimiento e inclusive se producen decrementos considerables (Frey, 1959).

Por su parte Langer y Hill (1982), dicen que las aplicaciones retrasadas (tardías, cuando hay diferenciación floral no tienen efecto significativo en el rendimiento pudiendo simplemente elevar el contenido de proteína en el grano.

Tornero (1976), observó que al aplicar el N en forma fraccionada (1/2 N S y 1/2 N 30 días después de la naciencia) el rendimiento decrecía con respecto a si se aplicaba todo a la siembra, indicando además, que este factor no guarda una secuencia definida sino que varía con cada año de acuerdo a la precipitación y otros factores climáticos.

#### 3.4.7. Características importantes de la "urea" como fuente de fertilizante nitrogenado y su acción en el suelo

Para fabricar el fertilizante de urea, el amoniaco debe reaccionar bajo presión con el bióxido de carbono que se obtiene como subproducto de la fijación de nitrógeno en las fábricas de amoniaco (N.P.F.I., 1980). En términos generales se produce la siguiente reacción:



Teuscher y Adler (1980), al hablar de la acción de la urea en el suelo nos dicen que la transformación de este fertilizante en el suelo es decisiva para que se realice su acción fertilizante. Según estos autores, el primer paso es una rápida disolución de la urea en agua; el segundo -dependiendo de la influencia de las enzimas producidas por los microbios del suelo- es la síntesis de carbonato de amonio. Se puede expresar ésta de la siguiente manera:



Aquí entran en acción las bacterias nitrificantes y convierten al carbonato de amonio en ácido nítrico, agua y dióxido de carbono:



De las ecuaciones anteriores los autores concluyen que si se aplican grandes cantidades de urea en el suelo, se producirá una acidificación de éste si contiene poco calcio. En condiciones normales, la conversión de la urea en carbonato de amonio y luego en ácido nítrico y nitratos requiere de 3 a 4 semanas; de modo que la urea sería un fertilizante nitrogenado ideal si no fuera por su gran solubilidad en el agua, que la hace susceptible de perderse por lavado.

La urea (nitrógeno de amidas) actúa más lentamente que el amónico y aún más lentamente que el nítrico. Se puede aplicar más temprano. Igual que el amónico, el fertilizante de amidas debe incorporarse al suelo, para evitar pérdidas del nitrógeno elemental (F.A.O., 1985).

Dado que la transformación de la urea requiere de la actividad microbiana del suelo, Thompson y Troeh (1980), afirman que ésta, llega - - -

prácticamente a anularse cuando el contenido hídrico del suelo se aproxima al punto de marchitamiento y se reanuda, casi inmediatamente, cuando se recupera la humedad.

Los mismos autores dicen que el exceso de nitrógeno puede resultar de grandes aplicaciones de fertilizantes o de condiciones locales, por las que la velocidad con que la actividad microbiana libera nitrógeno soluble, es superior a la tasa de absorción de éste por parte del cultivo.

### 3.5. Aspectos generales de la competencia cebada-malezas y su control mediante herbicidas

Dondequiera que las plantas crecen en estrecha proximidad unas con otras, sean de la misma o de diferente especie se observan diferencias en el crecimiento vegetativo, producción de semillas y mortalidad. Estas diferencias se deben en buena parte al proceso de la competencia, pudiendo originarse además por respuestas independientes al medio ambiente imperante, físico y biótico (Philip, 1982).

La competencia se agudiza cuando los individuos son muy similares y hacen las mismas demandas sobre el habitat mientras que, cuando las plantas son de distinta especie, la posibilidad de competencia varía directamente con su similitud, morfología y hábito. La competencia empieza en el punto en que los recursos ambientales disminuyen en conjunto para las necesidades de dos o más plantas en un área (Zimdahl, 1980).

Las malas hierbas en el cultivo de cebada se consideran como uno de los factores que limitan el rendimiento al entrar en competencia por la luz, humedad y nutrientes con la planta cultivada y porque afectan la calidad de la cosecha (Ramírez, 1932). Medina (1984), sugiere además que

las malezas compiten también por el  $\text{CO}_2$ , dado que poseen un punto de saturación más bajo, lo cual les permite ser más eficientes en el proceso de la fotosíntesis.

El daño ocasionado por esta competencia puede ser considerable, dependiendo de la cantidad de hierbas. Por ejemplo, se ha estimado que una planta de mostaza bien desarrollada puede utilizar el doble de nitrógeno y fósforo, cuatro veces más potasio y cerca de cuatro veces más agua que una planta bien desarrollada de cebada (I.A.S.A., 1983a).

Los elementos químicos que son alimentos para los cultivos lo son también para las malezas y a menudo éstas son más hábiles para absorberlos y acumularlos; por ejemplo, el quelite acumula grandes cantidades de nitrógeno. Experimentalmente se ha demostrado que si se fertiliza un cultivo enyerbado las plantas cultivadas empiezan a responder al fertilizante hasta que las malezas han llenado sus exigencias (Rojas, 1984).

Cuando se toma en consideración la duración de la presencia de malezas, se hace necesario la consideración del "Período Crítico de Competencia" (PCC), que generalmente se define como "El período en que el crecimiento de las malezas en un cultivo afecta el rendimiento de éste". Para la cebada se reporta que al deshierbar después de los 30 días de la emergencia, no hay incrementos significativos en el rendimiento de grano (Zimdahl, 1980).

Hartman y Allard (1964), (citados por Zimdahl, 1980), observaron que la competencia en cultivares de cebada se daba principalmente por agua y en segundo lugar por nutrientes.

Los cereales han sido seleccionados, entre otros factores, por su economía del agua; en cambio, la maleza está adaptada a usar el agua libremente y florear con rapidez de modo que arrebató el agua a los cereales sobre todo cuando éstos se han seleccionado para zonas áridas como semixerófitos (Rojas, 1984).

La cebada es un cultivo con buena capacidad competitiva frente a las malezas, superior a la poseída por el trigo y la avena; además, la respuesta de la cebada a la fertilización en condiciones de competencia frente a las malezas es superior a la del trigo; las adiciones de fertilizante casi eliminan los efectos de la avena silvestre (Bell y Nalewaja, 1968). Mc Mahon (1978), concluye que el mayor poder competitivo de la cebada se debe al rápido desarrollo de las plántulas cubriendo más área y deteniendo la penetración de la luz hacia las plantas de malezas, (citados por Mondragón, 1982).

Overland (1966) (citado por Mondragón, 1982), reporta que la cebada produce una sustancia inhibidora que actúa en forma diferente y con efectos de distinta intensidad en la germinación, crecimiento y producción de grano en cada especie de maleza. Dichos efectos alelopáticos se deben a sustancias de diversa naturaleza química que produce la cebada, como son la cumarina, el ácido hidroxicinámico y sus derivados y el ácido vainílico.

La competencia de cebada con malezas también ha sido motivo de estudio desde el punto de vista de la calidad maltera; así Friesen *et al.*, (1960) (citados por Mondragón, 1982), reportan que en los cultivos de cebada libres de malezas, el porcentaje de proteínas en el grano fue mayor que en granos provenientes de cultivos infestados. Lo anterior sugiere que las malezas compiten por el nitrógeno aprovechable, a tal grado que las --

reducciones en el rendimiento van acompañadas de reducciones en el contenido de proteínas (Mondragón, 1982). Sin embargo, el mismo autor llega a la conclusión de que en suelos fértiles y humedad adecuada, las malezas no causan disminuciones en el rendimiento de grano ni en la calidad malteable de la cebada, reportando valores de 14.96% de proteína y 516.60 para el índice de llenado en la variedad Centinela utilizada en su experimento.

En un muestreo de malezas efectuado en la zona de estudio (Villa de Tezontepec, Edo. de Hidalgo) en el año de 1984 (ver el Anexo 1 del Apéndice), estando el cultivo de cebada en pie, se encontró que las malezas predominantes son de hoja ancha. La avena silvestre, aunque está presente, su población es muy baja, por lo que el control químico debe enfocarse a las especies de hoja ancha.

Para el combate de malezas de hoja ancha en cultivos de cereales (maíz, sorgo, trigo, cebada, etc.), generalmente se recomienda aplicar el herbicida 2,4-D como sal dimetilamina (2,4-D amina) o como éster (Esterón 47) en dosis que van de 1 a 2 litros/ha (Rojas y Venegas, 1982; Ramírez 1982; Rojas, 1984; Klingman y Ashton, 1984; D.G.S.V., 1982; I.A.S.A., 1 y 2, 1983; Cremllyn, 1982).

La aplicación se puede hacer desde que las plantas tienen cuatro hojas hasta antes del amacollamiento; es decir, entre los 20 y 30 días después de la siembra (Rojas y Venegas, 1982).

Ramos (1970), después de probar los herbicidas 2,4-D amina, Dicamba, Afalón, Tordón 47-2 y una mezcla de Gesaprim + 2,4-D + Atlox 3060, concluye que sí es efectivo y económico el empleo de productos químicos en el combate de malezas en cebada de temporal y recomienda aplicar el 2,4-D

amina en dosis de 1 l/ha en aplicación postemergente y de 1.5 a 2 l/ha en aplicación preemergente. Este producto, según el autor, causa poca toxicidad al cultivo, controla muy bien las malezas y el rendimiento del cultivo se incrementa.

### 3.5.1. Modo y mecanismo de acción del 2,4-D amina

El 2,4-D se comporta como herbicida sistémico cuando se usa en concentraciones altas, alrededor de 0.1% (Greulich y Adams, 1980). Actúa como herbicida selectivo en cereales cuando se aplica en la época del amacollamiento del cultivo, perdiéndose la selectividad cuando se aplica antes o después de esta etapa fenológica. La selectividad es fundamentalmente de tipo bioquímico y depende además del estado de desarrollo de la planta y de la concentración del producto (Medina, 1984).

Cremlyn (1982), con respecto a la selectividad del 2,4-D hacia los cereales, dice que puede ser consecuencia de que los rociados se adhieren mucho mejor a las superficies rugosas de las malezas de hoja ancha que a las hojas angostas y cerosas de los cereales.

Cuando se aplica al follaje es más activo en condiciones de alta temperatura y humedad y la acción es óptima en plantas en activo crecimiento. Se ha visto que se acumula en las regiones de crecimiento induciendo malformaciones típicas (síntomas morfogénéticos) como alargamientos y retorcimientos de tallos, peciolas, malformaciones en hojas, etc. (Rojas, 1984).

Klingman y Ashton (1984), refieren que uno de los efectos más obvios del tratamiento con 2,4-D es la torcedura y curvatura (epinastia) de las plantas de hojas anchas. Al ser tratadas con este producto, estas plantas

generalmente desarrollan hojas, tallos y raíces grotescos y malformados. El compuesto químico parece concentrarse en los tejidos jóvenes ya sea embrionarios o meristemáticos los cuales crecen rápidamente. Estos tejidos se ven más afectados que los tejidos más maduros o relativamente inactivos.

Los ácidos fenoxiacéticos clorados como el 2,4-D, son más activos que la fitohormona AIA y además no son degradados rápidamente en las plantas (Green, 1974; citado por Cremllyn, 1982). En consecuencia el 2,4-D puede ser aplicado externamente a la planta y como no es regulado internamente como el AIA, produce un crecimiento letal anormal que conduce a la muerte de la planta.

Cremllyn (1982), dice que los productos químicos del tipo hormonal inducen a una producción de RNA muy rápida y en consecuencia la planta crece hasta morir, o en otras palabras, el crecimiento sobrepasa completamente a los nutrientes disponibles.

Hanson y Slife (1969) (citados por Klingman y Ashton, 1984), han propuesto una teoría sobre el mecanismo de acción o mecanismos bioquímicos por medio de los cuales el 2,4-D actúa como herbicida, la cual se presenta en los próximos dos párrafos.

El 2,4-D no parece actuar como simple inhibidor. Pese a que ciertas enzimas pueden ser inhibidas in vitro por el 2,4-D, no se puede afirmar que actúe in vivo interfiriendo directamente con el metabolismo, respiración o fotosíntesis intermediarias. Parece actuar como una auxina, pero acumula concentraciones de ácido indolacético mucho más elevadas que la auxina original, debido a que se degrada más lentamente. Cuando plantas

susceptibles responden al 2,4-D entran en juego tanto la promoción como el crecimiento, dependiendo del órgano y del tejido examinado y de la cantidad de 2,4-D que haya en ellos.

Hanson y Slife propusieron que la causa inmediata de la muerte es una disfunción fisiológica de la planta, instalada debido a un crecimiento anormal. Se piensa que este crecimiento anormal a su vez se debe a un metabolismo anormal del ácido nucléico.

## IV. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. Localización del sitio experimental

El experimento se llevó a cabo en el predio denominado San José y La Cruz, Terreros; ubicado en la localidad de Villa de Tezontepec, Municipio de Zapotlán de Juárez, estado de Hidalgo (Figura 3).

#### 4.1.1. Criterios para seleccionar el sitio experimental

- a) Representatividad de uso y manejo más frecuente del cultivo en la región.
- b) Posición fisiográfica característica y representativa de la zona de estudio.
- c) Cercanía a las vías de comunicación para facilitar el acceso y manejo del cultivo.

### 4.2. Factores estudiados

Los factores estudiados fueron dos:

- a) Dosis y épocas de aplicación de Nitrógeno.
- b) Aplicación de herbicida.

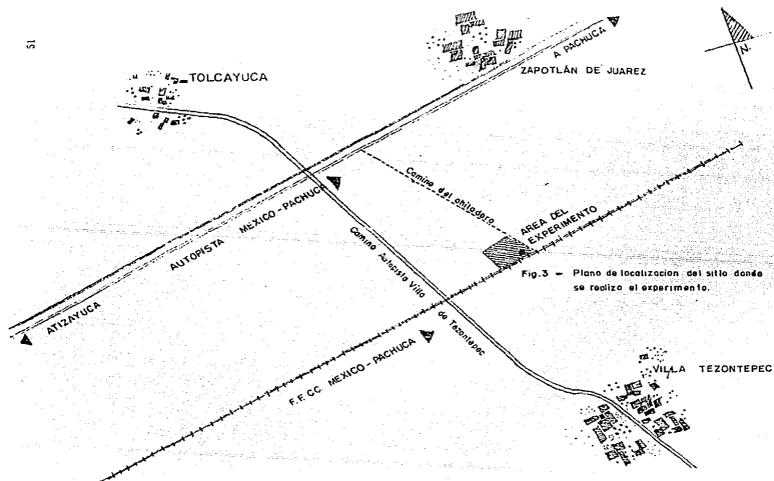


Fig. 3 - Plano de localización del sitio donde se realizo el experimento.

### 4.3. Espacios de exploración

N 00 - 30 - 40 - 60 - 90 kg/ha

P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 00 - 30 kg/ha (constante)

Epocas de aplicación: Todo a la siembra

- 1/2 NP Siembra, 1/2 N Amacollamiento

- 1/3 NP Siembra, 1/3 N Amacollamiento y

1/3 N Floración

Herbicida: - Con herbicida

- Sin herbicida

### 4.4. Fuentes de fertilizante y herbicida usado

Nitrógeno : Urea (46% N)

Fósforo : Super fosfato de calcio triple (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)

Herbicida : 2,4-D amina

### 4.5. Diseño experimental y tratamientos

Se planteó un experimento de tipo factorial con un diseño en parcelas divididas con 4 repeticiones. Uno de los factores estudiados (aplicación de herbicida) se asignó a parcelas principales (parcela grande), dispuestas en un diseño de bloques completos al azar\*. Los tratamientos del segundo factor (dosis y época de aplicación de nitrógeno) se asignaron

\* Aunque se hizo la distribución en bloques completos al azar, la aplicación de herbicida se hizo en una sola faja agrupando cuatro bloques, con la finalidad de evitar que los tratamientos sin herbicida sufrieran el efecto de éste debido a la volatilidad del producto.

a subparcelas (parcela chica) dentro de cada parcela principal.

Los tratamientos que se generaron, al hacer todas las combinaciones posibles con las dosis de nitrógeno y sus tres épocas de aplicación, fueron 22, sin embargo, se optó por reducirlos a 16 (Cuadro 4) al descartarse los tratamientos con las dosis 30-30, 40-30 y 90-30 kg de N y P/ha, para dejar únicamente la dosis 60-30 en aplicación total al amacollamiento y floración.

Esto tiene su fundamento en lo siguiente:

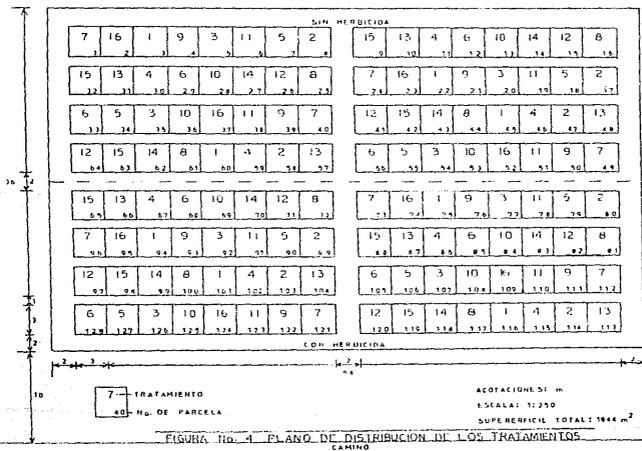
- a) La dosis 60-30 ha resultado ser la óptima económica para otros municipios (Singuilucan, Cuauhtec, Apam, Almoloya y Emiliano Zapata) del estado de Hidalgo (Albarrán, 1980).
- b) Dado que el objetivo principal era ver la respuesta fisiológica del cultivo a la aplicación tardía del fertilizante nitrogenado, se eligió esta dosis por ser la intermedia de las que se probaron y porque las demás combinaciones no estaban justificadas desde el punto de vista técnico, económico y de manejo del experimento.

#### 4.6. Parcela experimental

La superficie total de experimentación fue de  $1944 \text{ m}^2$ , dentro de los cuales se delimitaron 128 parcelas (parcela chica) con un área de  $9 \text{ m}^2$  cada una, de los cuales,  $4 \text{ m}^2$  fueron considerados como parcela útil (Figura 4).

CUADRO 4. RELACION DE TRATAMIENTOS BAJO UN DISEÑO FACTORIAL DE PARCELAS DIVIDIDAS PARA EL CULTIVO DE CEBADA MALTERA EN LA LOCALIDAD DE ZAPOTLAN DE JUAREZ, HGO., 1985

Parcela grande	Parcela chica		
	No. de tratamiento	Epocas de aplicación del fertilizante nitrogenado	Dosis (kg/ha) N P
Con herbicida	1	Siembra	00 30
	2	Siembra	30 30
	3	Siembra	40 30
	4	Siembra	60 30
	5	Siembra	90 30
	6	Siembra-Amacollamiento	30 30
	7	Siembra-Amacollamiento	40 30
	8	Siembra-Amacollamiento	60 30
	9	Amacollamiento	60 30
	10	Siembra-Amacollamiento	90 30
	11	Siembra-Amacollamiento-Floración	30 30
	12	Siembra-Amacollamiento-Floración	40 30
	13	Siembra-Amacollamiento-Floración	60 30
	14	Floración	60 30
	15	Siembra-Amacollamiento-Floración	90 30
	16	Testigo Absoluto	00 00
Sin herbicida	1	Siembra	00 30
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	.....	.....	.....
	16	Testigo absoluto	00 30



#### 4.7. Trabajo de campo

##### 4.7.1. Siembra

El experimento se estableció el 4 de junio de 1985. La siembra se efectuó al voleo, usando semilla certificada de la variedad Centinela a razón de 120 kg de semilla por hectárea (108 gr/parcela chica), incorporándola con un paso de rastra a una profundidad aproximada de 5 cm.

##### 4.7.2. Condiciones de siembra

El experimento se sembró una semana después del predio que circundaba el lote experimental, debido a que la humedad excesiva del suelo no permitía el acceso al mismo, pues en los días anteriores había llovido abundantemente. Esto propició la emergencia de las primeras malezas, las cuales fueron eliminadas con el paso de rastra que se empleó para tapar la semilla.

##### 4.7.3. Aplicación del fertilizante

En los tratamientos que incluían la aplicación en la siembra, el fertilizante nitrogenado y todo el fósforo se incorporaron al suelo junto con la semilla.

Las aplicaciones al amacollamiento (34 días después de la siembra) y floración (53 días después de la siembra) se efectuaron al voleo, cuidando de que existiera buena humedad en el suelo.

#### 4.7.4. Aplicación del herbicida

El herbicida se aplicó 30 días después de la siembra (el 4 de julio) utilizando equipo de aspersión montado al tractor. La dosis por hectárea fue de 1 litro de 2,4-D amina, disuelto en 200 litros de agua.

#### 4.7.5. Registro de datos durante el ciclo de cultivo

##### 4.7.5.1. Determinación de la humedad del suelo

Se utilizó el método gravimétrico, el cual consiste en obtener muestras de suelo húmedo para secarlo a la estufa hasta peso constante para después determinar el porcentaje de humedad.

Las muestras se tomaron semanalmente considerando los 16 tratamientos de fertilización con 2 repeticiones de los tratamientos con herbicida y 2 sin herbicida. Estas fueron extraídas con una barrena a una profundidad aproximada de 20 a 30 cm y colocadas en cajas de humedad para secarlas a la estufa durante tres días. Para determinar el porcentaje de humedad se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso suelo húmedo} - \text{Peso suelo seco}}{\text{Peso suelo seco}} \times 100$$

$$\% H = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso suelo seco}} \times 100$$

(Ortiz y Ortiz, 1980)

##### 4.7.5.2. Medición de la precipitación

Se tomaron lecturas semanales de la cantidad de lluvia captada por un pluviómetro que se colocó dentro del lote experimental. Las lecturas

se procesaron con la siguiente fórmula:

$$\text{mm de lluvia} = \frac{\text{cc de agua captada} \times 100}{K}$$

Donde:

cc de agua captada = lectura del pluviómetro

$$K = r^2 = 4.41$$

r = radio del extremo superior del tubo

#### 4.7.5.3. Datos fenológicos

Se determinaron de manera aproximada los días a la emergencia, amacollamiento, encañe, embuche, espigamiento, anthesis y madurez fisiológica; tomando en consideración las siguientes características de la planta:

- a) Emergencia: Se considera que la planta ha emergido cuando la plúmula se hace visible y aparece la primera hoja.
- b) Amacollamiento: Consiste en la formación de tallos laterales que brotan de la corona.
- c) Encañe: La planta comienza a formar nudosidades. El encañe marca el límite entre la fase vegetativa de la planta y el inicio de la floración.
- d) Embuche: La espiga se nota dentro de la hoja superior. La última hoja se pone erecta antes de salir la espiga.
- e) Espigamiento: Las espigas comienzan a emerger, pero la polinización no ha comenzado.
- f) Anthesis: Se presenta cuando la lema y la palea se abren para dar salida a las anteras, las cuales liberan el

polen. Antesis se considera cuando el 50% de las espigas en el terreno presentan dehiscencia.

- g) Madurez fisiológica: Se considera que la cebada ha llegado a esta etapa cuando el 50% de las espigas han perdido completamente el color verde, lo que coincide con la pérdida del color verde del 95% de los pedúnculos.

#### 4.7.6. Medición de las variables de respuesta

##### 4.7.6.1. Número de espigas por metro cuadrado (ESP<sub>xm</sub><sup>2</sup>)

Se midió dentro de la parcela útil con la ayuda de un cuadro rígido de 1 m<sup>2</sup>, contando el número de espigas que se encontraban dentro del mismo.

##### 4.7.6.2. Longitud de espiga (LONGESP)

Se tomaron 5 espigas al azar midiéndose en cm desde la base del raquis hasta la florecilla terminal.

##### 4.7.6.3. Altura de planta (ALTPLANT)

Se escogieron 5 plantas al azar, midiéndose el tallo principal en cm desde la corona (al ras del suelo) hasta la punta de la espiga.

Las siguientes variables se midieron después de la cosecha, la cual se efectuó del 30 de septiembre al 3 de octubre de 1985. El corte de las plantas de la parcela útil se hizo a una altura de 10 cm, trasladándose después al CAEVAMEX donde se realizó el trillado y limpieza del grano con una trilladora "Pullman".

#### 4.7.6.4. Número de granos por espiga (GRAXESP)

Se determinó en 5 espigas, tomando en cuenta los granos fértiles.

#### 4.7.6.5. Peso de grano (PEGRA) y peso de paja (PEPAJA)

Primero se tomó el peso total de las plantas cosechadas y después de la trilla, se midió el peso total del grano. El peso de paja se determinó por diferencia de peso (peso total de la planta menos el peso de grano).

#### 4.7.6.6. Humedad del grano (HUMGRA)

Se determinó con un medidor eléctrico "Steinlite" en muestras de 150 gr de cada parcela chica.

#### 4.7.6.7. Rendimiento de grano (RENDGRAN) y rendimiento de paja (RENDPAJA)

Para el cálculo de estas variables se utilizaron dos factores de corrección o de ajuste:

$X_1$  = Factor de corrección para convertir a kg/ha a nivel experimental.

$$X_1 = \frac{10,000}{\text{Parcela útil}} = \frac{10,000}{4} = 2500$$

$X_2$  = Factor de ajuste al 12% de humedad.

$$\text{F.A. } \% H = \frac{100 - \% H}{88}$$

Rendimiento de grano = Peso de grano  $\times X_1 \times X_2$

Rendimiento de paja = Peso de paja  $\times X_1 \times X_2$

#### 4.8. Trabajo de laboratorio

##### 4.8.1. Delimitación del trabajo

Tomando en cuenta que la calidad en cebada maltera es bastante amplia, en un estudio como el presente (cuyos objetivos no se enfocan exclusivamente a la calidad), no es posible abarcar la totalidad de características que debieran tomarse en consideración.

Así pues, para los fines del presente trabajo, se tomaron en consideración los parámetros más importantes en los análisis de calidad maltera del grano de cebada y en los cuales se consideran algunas de las características físicas y químicas más importantes para la industria cervecera.

##### 4.8.2. Preparación de las muestras

- a) Se mezcló de manera homogénea el grano obtenido en las cuatro repeticiones de cada tratamiento, formando un total de 32 lotes.
- b) De cada lote se tomaron muestras de 300 gr de grano y se mandaron al Laboratorio de Cebada y Avena del CIAMEC.

##### 4.8.3. Análisis de la calidad maltera del grano

Las determinaciones que engloba este análisis son: Índice de llenado, humedad del grano, proteína total, poder diastásico potencial y - -

extracto potencial. Las dos últimas sólo se realizan si la proteína total del grano se encuentra entre 10.5 y 13.5%.

Las pruebas fueron realizadas por el personal del laboratorio. La metodología empleada puede consultarse en el Anexo 2 del Apéndice.

#### 4.9. Análisis estadístico

Los datos de las variables de respuesta fueron codificados y enviados al Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados de Chapingo, donde se realizó el análisis de varianza con el modelo matemático que corresponde al diseño en parcelas divididas y la comparación de medias mediante la Prueba de Rango Múltiple de Duncan para cada una de las variables.

A continuación se presenta el modelo matemático que se utilizó para efectuar el análisis de varianza:

$$y_{ijk} = \mu + \beta_i + \tau_j + \delta_k + (\tau\delta)_{jk} + \rho_{ijk}$$

Donde:

$y_{ijk}$  = Variable sujeto de estudio. Observación de la parcela chica con el factor en su nivel  $j$ , que está comprendida dentro de la parcela grande del factor A en su nivel  $i$  y en la repetición  $k$ .

$\mu$  = Media general, efecto común a todas las unidades experimentales.

$\beta_i$  = Efecto de bloque.

$\tau_j$  = Efecto de tratamiento.

$\rho_{ijk}$  = Error de las parcelas grandes

$\epsilon_k$  = Efecto de subparcela chica.

$(\tau J)$  = Efecto interacción tratamiento y subtratamiento.

$\rho_{ijk}$  = Elemento de error.

$i$  = Varía desde 1,2,3,... r, número de repeticiones (bloques).

$j$  = Tratamientos desde 1,2,... p, número de tratamientos.

$k$  = Varía desde 1,2,3,... q, número de subtratamientos

Para realizar la comparación de medias, Duncan ha establecido una tabla especial de valores para cada uno de los grados de libertad del error y la probabilidad del 5 y el 1%, que permite el estudio de las diferencias entre promedios con diferentes números de otros promedios del mismo experimento, cuya magnitud está comprendida entre la magnitud de los promedios que se quieren comparar.

Los valores se calculan multiplicando el dato de la tabla de Duncan a una " $\alpha$ " dada por la desviación estándar (S) de la media ( $\bar{X}$ ).

$$S \cdot \bar{y} = \frac{s^2}{r}$$

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1. Datos ambientales

#### 5.1.1. Precipitación

Los datos de la cantidad y distribución de la precipitación que se presentó durante el ciclo de cultivo de la cebada (junio a septiembre de 1985), se pueden apreciar en el Cuadro 4A y Figura 1A del Apéndice, respectivamente. Así mismo, con la finalidad de tener un patrón de comparación, en la Figura 2A de la misma sección se muestra la distribución de la precipitación que se presentó durante los años de 1984 y 1985, los cuales son reportados por la estación meteorológica 055 del Servicio Meteorológico Nacional, ubicada en Tezontepec, Hgo.

Como puede observarse en el Cuadro 4A, la suma de la precipitación media de los meses considerados fue de 203.6 mm mientras que el promedio anual es de 507.9 mm (García, 1981), esto es, que en estos cuatro meses se concentró el 40% de la precipitación anual. Por otra parte, al comparar la precipitación de los años de 1984 y 1985 (Figura 2A), se puede ver que en el segundo de ellos llovió una mayor cantidad que en el primero (417 mm en 1984 y 526 mm en 1985).

Sin embargo, en lo que concierne a la distribución de la precipitación a lo largo del ciclo de cultivo (Figura 1A), se puede apreciar que la lluvia se concentró en mayor cantidad en las primeras etapas del - -

cultivo (siembra - floración), mientras que en las etapas finales (llena do y maduración del grano), la precipitación disminuyó drásticamente.

### 5.1.2. Humedad del suelo

En el Cuadro 5A y Figura 3A del Apéndice se presentan, en el mismo orden, los datos del % de humedad presente en el suelo y su distribución durante el ciclo de cultivo. Como puede apreciarse, el % de humedad del suelo muestra un comportamiento similar al de la precipitación dado que está en función de la misma.

Como consecuencia de la baja precipitación que se presentó en las etapas tardías del cultivo, la humedad disponible en el suelo también disminuyó, ocasionando que el grano cosechado presentara un % de humedad muy bajo (un promedio de 9.95%), pues hasta el valor máximo encontrado (11.32%), está por debajo de la humedad recomendable para el momento de la cosecha (12 a 13%).

### 5.2. Datos fenológicos

En las Figuras 1A y 3A del Apéndice se pueden apreciar los días transcurridos, después de la siembra (aproximados), en que se fueron presentando las diversas etapas fenológicas en el cultivo de cebada.

### 5.3. Resultados a nivel de campo

En el Cuadro 5 se presenta el resumen de los análisis de varianza efectuados para cada una de las variables de respuesta que se tomaron en consideración (ver los Cuadros 6A a 14A del Apéndice), mostrándose el --

CUADRO 5. VALORES DE "F" Y NIVELES DE SIGNIFICANCIA OBTENIDOS MEDIANTE ANALISIS DE VARIANZA PARA CADA UNA DE LAS VARIABLES Y MEDIDAS DE VARIACION O DISPERSION

Fuente de variación	RENDGRA	RENDPAJA	ALTPLANT	LONGESP	GRAxESP	ESPxm <sup>2</sup>	PEGRA	HUMGRA	PEPAJA
Repetición	4.13 <sup>NS</sup>	1.72 <sup>NS</sup>	0.49 <sup>NS</sup>	2.7 <sup>NS</sup>	3.1 <sup>NS</sup>	1.46 <sup>NS</sup>	4.21 <sup>NS</sup>	12.48*	1.79 <sup>NS</sup>
P.G.	0.45 <sup>NS</sup>	0.46 <sup>NS</sup>	0.07 <sup>NS</sup>	0.01 <sup>NS</sup>	42.45**	33.58*	0.57 <sup>NS</sup>	53.08**	0.53 <sup>NS</sup>
P.CH.	1.90*	0.89 <sup>NS</sup>	1.42 <sup>NS</sup>	1.42 <sup>NS</sup>	0.43 <sup>NS</sup>	0.48 <sup>NS</sup>	1.85*	2.78**	0.86 <sup>NS</sup>
PG x P CH	0.83 <sup>NS</sup>	0.75 <sup>NS</sup>	0.89 <sup>NS</sup>	0.57 <sup>NS</sup>	1.92*	1.44 <sup>NS</sup>	0.83 <sup>NS</sup>	2.52**	0.74 <sup>NS</sup>
C.V.	19.0061	18.354	6.3565	6.0252	9.8046	18.1436	19.231	4.7439	18.401
S	524.04	979.24	6.85	0.39	4.47	79.93	0.20	0.57	0.38
$\bar{x}$	2582.69	5152.30	101.76	6.24	41.48	398.87	1.01	9.95	2.01
Valor mínimo	1544.47	1897.34	73.60	5.4	28.6	224.0	0.6	8.85	0.74
Valor máximo	5080.05	7432.15	115.40	7.20	52.80	594.00	1.98	11.32	2.88

\* Nivel de significación al 5% de probabilidades

\*\* Nivel de significación al 1% de probabilidades

nivel de significancia para cada una de las fuentes de variación y las medidas de variación o dispersión obtenidas mediante el análisis estadístico. En este mismo cuadro se puede apreciar que las variables Rendimiento de grano (RENDGRAN), Número de granos por espiga (GRAXESP), Espigas por metro cuadrado (ESPxm<sup>2</sup>), Peso de grano (PEGRA) y Humedad del grano (HUMGRA), reportan diferencias para una o más fuentes de variación, mientras que las variables Rendimiento de paja (RENDPAJA), Altura de planta (ALTPLANT), Longitud de espiga (LONGESP) y Peso de paja (PEPAJA) no reportan ninguna diferencia.

#### 5.3.1. Efecto de la dosis y época de aplicación del fertilizante nitrogenado sobre las variables de respuesta

En el Cuadro 6 se presenta la comparación de medias para Parcela Chica donde se ensayaron los 16 tratamientos de dosis y época de aplicación de fertilizante nitrogenado, manteniéndose constante el Fósforo (30 kg/ha).

Las variables que presentaron diferencias entre sus promedios fueron: Rendimiento de grano, Peso de grano, Longitud de espigas y Humedad del grano. Por consiguiente, estas variables respondieron favorablemente a las dosis crecientes de nitrógeno así como a la época de aplicación de las mismas, presentando el siguiente comportamiento.

##### 5.3.1.1. Peso de grano y rendimiento de grano

Dado que el peso de grano por parcela experimental es la base para calcular el rendimiento de grano por hectárea, estas variables se comportan de la misma forma, como se puede apreciar en las Figuras 5, 6, 7 y 8;

CUADRO 6. COMPARACION DE MEDIAS POR EL METODO DE DUNCAN PARA PARCELA CHICA, EN LAS VARIETADES RENDGRAN, LONGESP, PEGRA Y HUMGRA

Grupos	X	N	PCH	Grupos	X	N	PCH
<u>Rendimiento de grano</u>				<u>Longitud de espiga</u>			
A	3173.0	8	7	A	6.5500	8	15
AB	2926.5	8	2	AB	6.3950	8	10
ABC	2726.7	8	9	AB	6.3400	8	5
ABC	2697.8	8	6	AB	6.3375	8	2
ABC	2663.7	8	1	AB	6.3125	8	9
ABC	2659.1	8	4	AB	6.3100	8	7
ABC	2627.0	8	3	AB	6.2950	8	13
BC	2595.3	8	14	AB	6.2950	8	8
BC	2586.4	8	13	ABC	6.2375	8	14
BC	2470.1	8	8	ABC	6.2125	8	3
BC	2470.0	8	11	ABC	6.2075	8	4
BC	2467.7	8	12	ABC	6.1925	8	16
BC	2425.8	8	16	ABC	6.1400	8	1
C	2310.8	8	15	ABC	6.1175	8	6
C	2266.3	8	5	BC	6.0500	8	11
C	2256.8	8	10	C	5.8475	8	12
<u>Peso de grano</u>				<u>Humedad del grano</u>			
A	1.2370	8	7	A	10.459	8	14
AB	1.1435	8	2	AB	10.241	8	16
ABC	1.0669	8	9	AB	10.240	8	11
ABC	1.0572	8	6	AB	10.210	8	12
ABC	1.0412	8	1	AB	10.191	8	6
ABC	1.0374	8	4	AB	10.007	8	9
ABC	1.0251	8	3	AB	10.007	8	15
ABC	1.0205	8	14	AB	10.004	8	13
ABC	1.0124	8	13	AB	9.926	8	2
BC	0.9696	8	11	AB	9.917	8	1
BC	0.9682	8	12	BC	9.770	8	8
BC	0.9637	8	8	BC	9.757	8	4
BC	0.9534	8	16	BC	9.721	8	10
C	0.9040	8	15	BC	9.702	8	7
C	0.8802	8	5	BC	9.694	8	3
C	0.8801	8	10	C	9.359	8	5

Nota: Las variables RENDPAJA, ALTPLANT, GRAXESP, ESP<sub>xm</sub><sup>2</sup> y PEPAJA, no manifiestan diferencias entre sus promedios

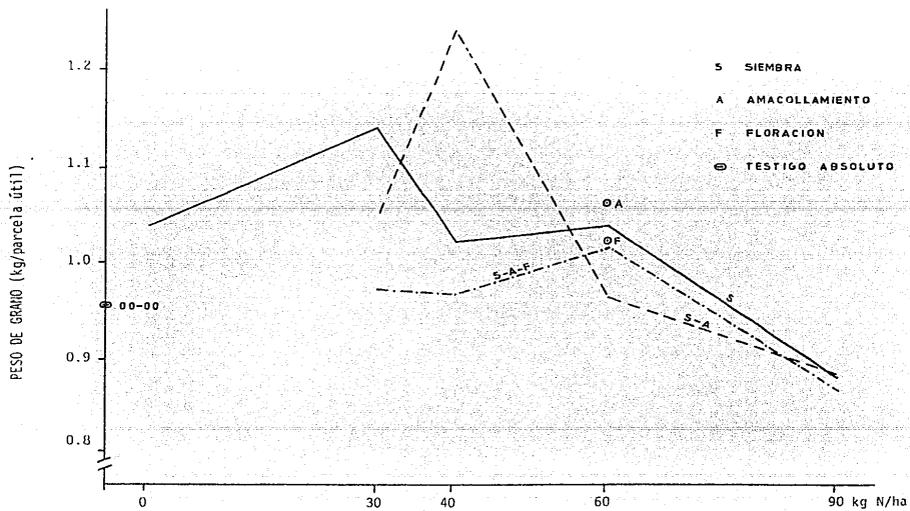


FIG. 5. RESPUESTA DE LA CERADA A LA EPOCA DE APLICACION DEL FERTILIZANTE CON DOSIS CRECIENTES DE NITROGENO

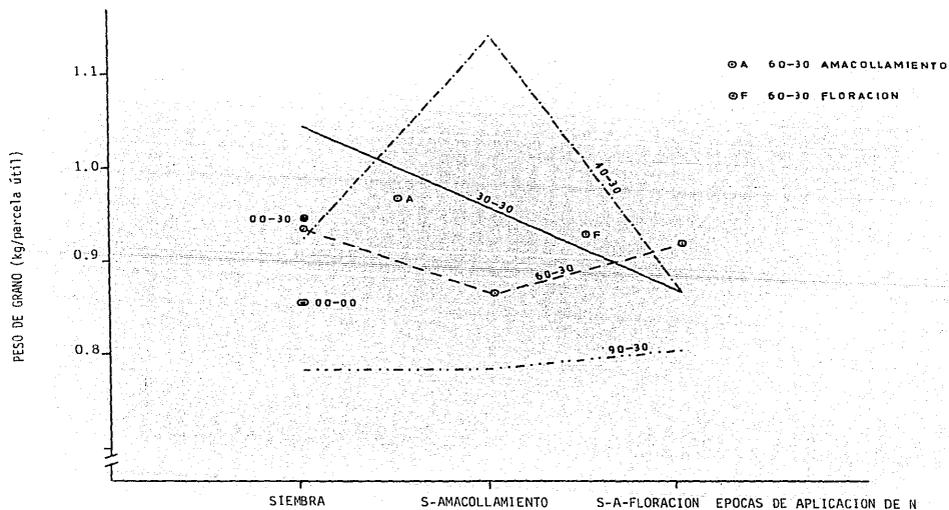


FIG. 6. RESPUESTA DE LA CEBADA A LA DOSIS DE NITROGENO EN TRES EPOCAS DE APLICACION

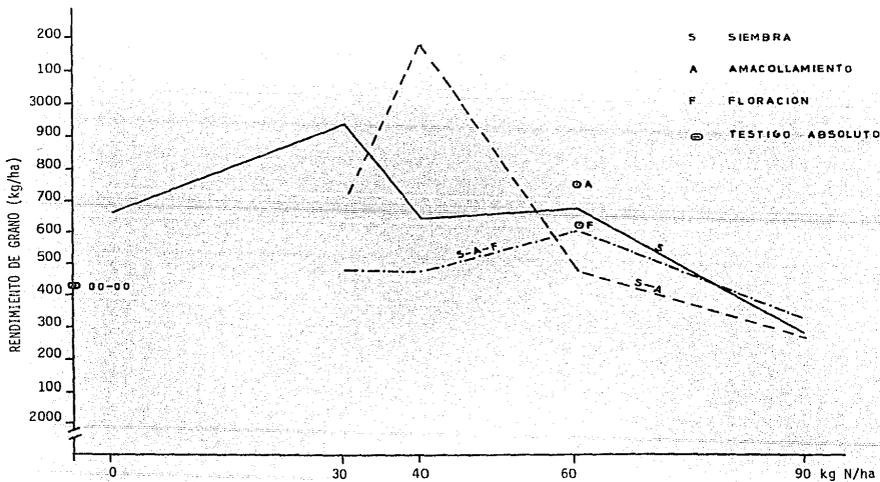


FIG. 7. RESPUESTA DE LA CEBADA A LA EPOCA DE APLICACION DEL FERTILIZANTE CON DOSIS CRECIENTE DE NITROGENO.

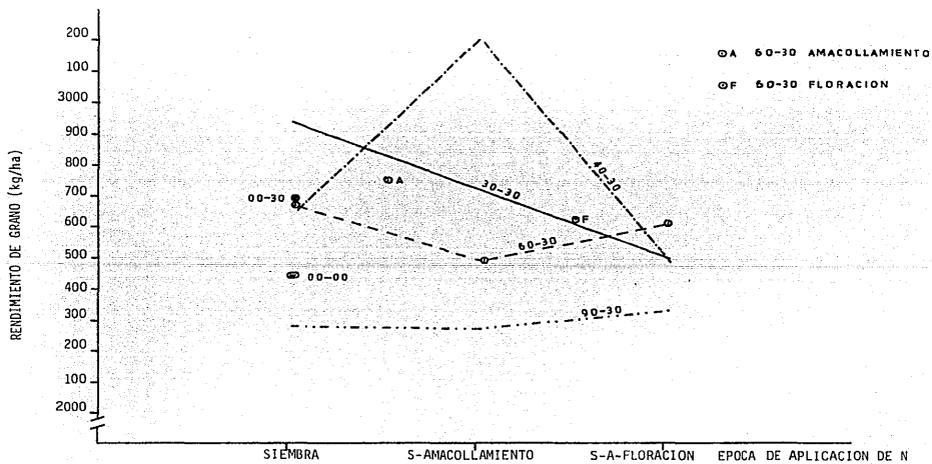


FIG. 8. RESPUESTA DE LA CEBADA A LA DOSIS DE NITROGENO EN TRES EPOCAS DE APLICACION.

por lo tanto, se hará un análisis conjunto de las mismas haciendo un mayor énfasis en el rendimiento de grano que es el factor que más interesa.

En lo que respecta a la dosis de N (Figuras 5 y 7), al incrementarse de 0 a 90 kg N/ha, se nota que hay una respuesta positiva hasta los 40 kg N/ha que es donde se obtiene el máximo valor promedio de peso de grano por parcela experimental y por consiguiente, el promedio máximo de rendimiento de grano por hectárea (3.17 ton/ha). Cuando la dosis se incrementa a 60 kg N/ha el rendimiento se abate ligeramente (siendo sus promedios menores a los que se obtienen con la dosis de 0 y 30 kg N/ha) y disminuye drásticamente al llegar a 90 kg N/ha.

En las mismas figuras se puede apreciar que el solo hecho de aplicar 30 kg P/ha (Tratamiento 1: 00-30) ocasiona un incremento en el rendimiento comparándolo con el testigo absoluto (Tratamiento 16: 00-00), el cual alcanza promedios inferiores.

Ahora bien, la respuesta del cultivo a las dosis crecientes de fertilizante nitrogenado está fuertemente influenciada por la época de aplicación del mismo (Figuras 6 y 8), así tenemos que, cuando se aplica todo el fertilizante al momento de la siembra, se obtiene un mayor rendimiento con la dosis de 30 kg N/ha (2.92 ton/ha) y el menor con la dosis de 90 kg N/ha (2.26 ton/ha), obteniéndose valores intermedios con las dosis de 40 y 60 kg N/ha (2.65 ton/ha).

Al fraccionar el fertilizante en dos partes (1/2 N Siembra y 1/2 N Amacollamiento), se obtiene el máximo rendimiento con la dosis de 40 kg N/ha, el mínimo con la de 90 kg N/ha (2.25 ton/ha) y valores intermedios con las dosis de 30 y 60 kg N/ha (2.7 y 2.47 ton/ha respectivamente).

Si se fracciona el fertilizante en tres partes (1/3 N Siembra, 1/3 N Amacollamiento y 1/3 N Floración), las dosis bajas de 30 y 40 kg N/ha muestran una reducción en el rendimiento más no así las dosis de 60 y 90 kg N/ha las cuales muestran un leve incremento, todo esto comparado a cuando se aplica en dos partes.

La dosis de 60 kg N/ha que se utilizó para explorar la fertilización total en las tres épocas consideradas, no refleja una superioridad contunde para alguna de las épocas de aplicación sino que produce resultados similares.

En todos los casos se nota que al elevar la dosis a 90 kg N/ha el rendimiento disminuye totalmente sin importar la época de aplicación, siendo sus promedios inferiores a los obtenidos con los tratamientos 00-00 y 00-30 kg de N y P/ha.

Si relacionamos lo anterior con los componentes de rendimiento, Evans y Wardlaw (1976), consideran que un incremento de algunos de los componentes de rendimiento determinará un aumento en el rendimiento económico siempre y cuando no haya disminuido correspondientemente en los otros componentes. El Peso de grano, al igual que Espigas x m<sup>2</sup> y Granos x espiga, es uno de los componentes de rendimiento principales en la cebada (Langer y Hill, 1982) y por lo tanto, de acuerdo a los resultados, este componente determina de manera directa un aumento en el rendimiento económico en respuesta a una dosis y época de aplicación de N determinados, mientras que los otros dos componentes de rendimiento permanecen estables.

Si consideramos los estudios previos realizados en el cultivo sobre fertilización y su efecto en el rendimiento de grano, podemos darnos - -

cuenta que los resultados obtenidos en este trabajo concuerdan con lo reportado en la Guía para la Asistencia Agrícola (1981) para el Valle de Tizayuca-Pachuca, para el cual recomiendan la dosis de 40-30 kg de N y P/ha, la cual también resultó ser la que produce los mejores rendimientos.

Lo anterior viene a ser apoyado por F.A.O. (1985), quien reporta que el cultivo de cebada extrae 50 kg de N y 20 kg de P/ha por ciclo de cultivo. Por lo tanto, es lógico que el cultivo responda a las dosis bajas de fertilización con N y P, lo cual también fue encontrado por Knapp y Knapp (1977), al ensayar dosis menores a las utilizadas en el presente trabajo.

Aunque normalmente se maneja que el P ayuda a contrarrestar los efectos de una excesiva fertilización nitrogenada (Baeyens, 1970; Guenkov, 1973), los resultados muestran que el P, por sí solo, produce un efecto positivo en el rendimiento de grano. Esto también es reportado por Knapp y Knapp (1977), quienes encontraron mejores resultados con la sola adición de P y en general obtuvieron buenos resultados cuando el P estaba presente.

Ahora bien, al combinarse el P con las diferentes dosis de N, al parecer se produce un efecto sinérgico entre estos dos nutrientes siempre y cuando esta combinación se de en la proporción adecuada tanto en cantidad como en oportunidad, esto es, combinando el P (30 kg/ha) con 40 kg N/ha aplicando todo el P y 1/2 del N al momento de la siembra y la otra mitad del N al amacollamiento, no ocurriendo lo mismo con binaciones.

### 5.3.1.2. Longitud de espiga

Esta variable, aunque no resultó significativa en el análisis de varianza, se suma a las que sí lo son, dado que la comparación de medias es menos rigurosa.

En términos numéricos no existe mucha variación entre los tratamientos pues éstos se distribuyen en un rango de 5.8 a 6.5 cm (7 mm de variación) con un promedio general de 6.2 cm. Sin embargo, en la Figura 9 se nota que la longitud de espiga tiende a incrementarse a medida que se aumenta la dosis de N, observándose dos intervalos en los cuales la variable responde a las dosis de N; uno al incrementarse de 0 a 40 kg N/ha y el segundo de 60 a 90 kg N/ha manteniéndose estable entre los 40 y 60 kg N/ha.

Cuando se aplica la dosis de 40 kg N/ha distribuida en las tres épocas de aplicación consideradas, se nota un decremento muy acentuado en la longitud de espiga, pero esto se explica por el hecho de que cuando estaba el cultivo en pie, algunas de las repeticiones de este tratamiento tuvieron problemas de encharcamiento y por lo tanto se puede considerar que su comportamiento debería ser parecido al que se tiene cuando se aplica el fertilizante en dos partes.

Aunque es mínima la diferencia (.5 mm) se nota que al adicionar P, la longitud de espiga decrece en comparación a cuando no se aplica, lo cual muestra el papel de P al influir en el mejor aprovechamiento del N, contrarrestando el crecimiento vegetativo en favor de un mayor rendimiento de grano.

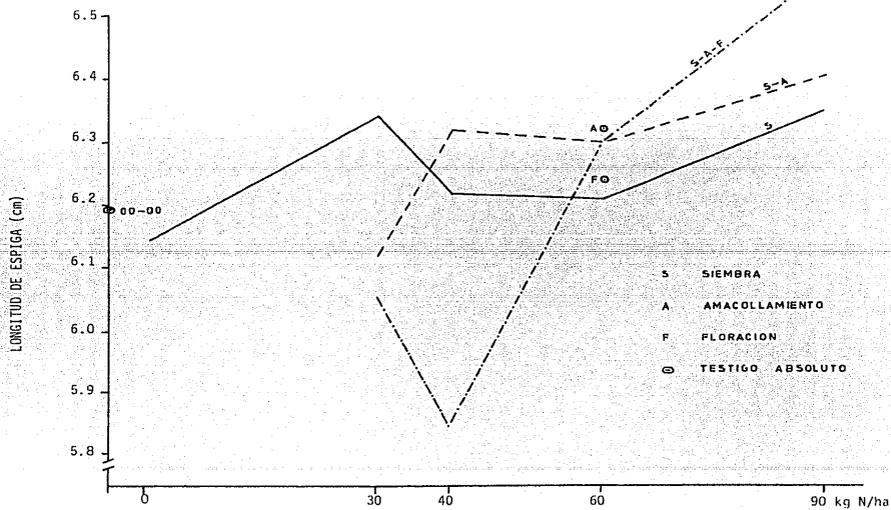


FIG. 9. RESPUESTA DE LA CEBADA A LA EPOCA DE APLICACION DEL FERTILIZANTE CON DOSIS CRECIENTES DE NITROGENO.

El intervalo de 40 a 60 kg N/ha en donde la longitud de espiga se mantiene constante, es necesario que se tome en cuenta dado que es en este intervalo donde también se obtienen los mayores rendimientos pues al parecer se llega a un equilibrio entre el desarrollo vegetativo y la producción de grano.

La dosis de 60 kg N/ha en aplicación total no influye en esta variable pues se nota poca diferencia al aplicarlo en cualquiera de las tres etapas consideradas.

Con respecto a la época de aplicación (Figura 10), se observa que al aplicar las diferentes dosis al momento de la siembra, la variación en la longitud de espiga es mínima.

Cuando la aplicación se realiza en dos partes, se nota un leve incremento con las dosis de 40, 60 y 90 kg N/ha, mientras que con la de 30 kg N/ha, decrece totalmente.

Al aplicar el fertilizante en tres partes, sólo la dosis más alta incrementa la longitud de espiga mientras que con las más bajas (30 y 40 kg N/ha), la longitud de espigas decrece, manteniéndose constante con la dosis de 60 kg N/ha.

#### 5.3.1.3. Humedad del grano

La humedad del grano que fue medida poco después de la cosecha, manifiesta una tendencia decreciente a medida que aumenta la dosis de nitrógeno (Figura 11), sólo que la magnitud con que la humedad del grano disminuye, está dada principalmente por la época de aplicación del fertilizante; esto es, que cuando se aplica el fertilizante al momento de la

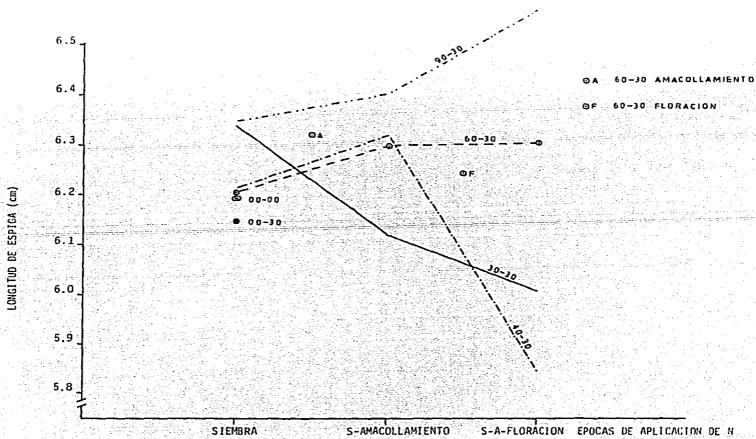


FIG. 10. RESPUESTA DE LA CEREDA A LA DOSIS DE NITROGENO EN TRES EPOCAS DE APLICACION.

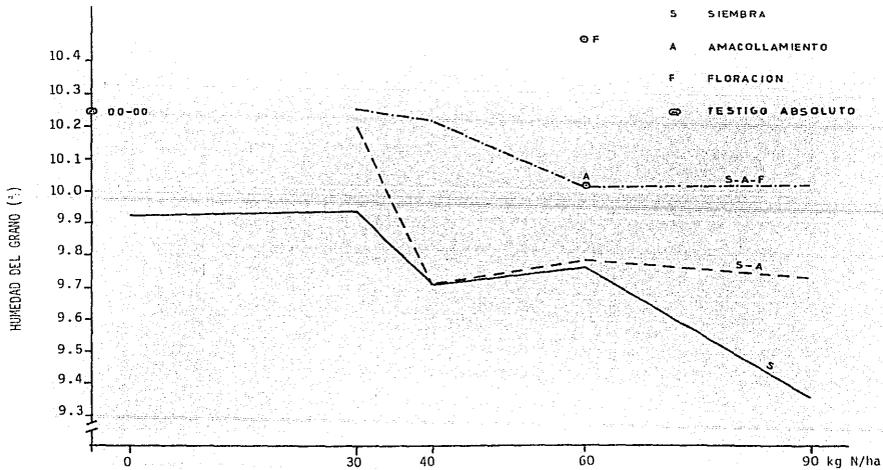


FIG. 11. RESPUESTA DE LA CEBADA A LA EPOCA DE APLICACION DEL FERTILIZANTE CON DOSIS CRECIENTES DE NITROGENO.

siembra (cualquier dosis), la humedad del grano siempre es baja al momento de la cosecha, mientras que si se aplica en las tres etapas consideradas, la humedad del grano es más alta, dando valores intermedios al aplicarlo en dos partes. Así pues, la humedad del grano está influenciada por la forma en que el fertilizante se distribuye en cada etapa fenológica así como por la cantidad de fertilizante que se esté aportando.

En la Figura 12 se puede apreciar que a medida que se realizan aplicaciones más tardías (al momento de la floración) y la cantidad de fertilizante sea mayor, la humedad del grano será también superior. Así entonces, con la dosis de 60 kg N/ha en aplicación total al momento de la floración, se cosecha un grano con un alto contenido de humedad, mientras que con la dosis de 90 kg N/ha distribuida en las tres etapas la humedad es menor presentándose valores más bajos a medida que la aplicación es más temprana.

Es interesante notar que cualquier cantidad de fertilizante aplicado tardíamente, incrementa la humedad del grano.

De acuerdo a lo anterior, la aplicación tardía de fertilizante nitrogenado parece retardar la maduración del grano por el hecho de que alarga el período vegetativo del cultivo de cebada y este efecto se incrementa aún más cuando la cantidad aplicada es muy fuerte (Briggs, 1978; F.A.O., 1985).

El efecto del Fósforo se manifiesta nuevamente pues su sola aplicación ayuda a reducir la humedad del grano contrarrestando un poco el efecto del nitrógeno, ayudando a que se logre un equilibrio nutricional en la planta y no se presente un retraso en la maduración del grano - -

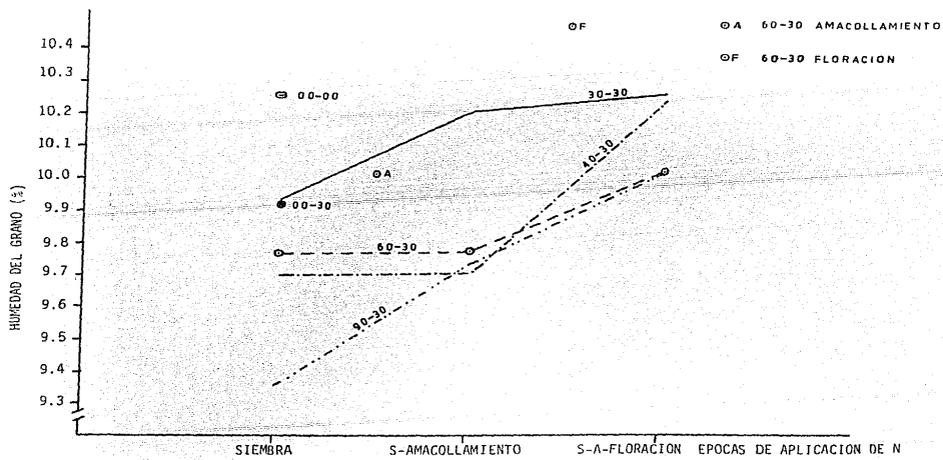


FIG. 12. RESPUESTA DE LA CEBADA A LA DOSIS DE NITROGENO EN TRES EPOCAS DE APLICACION

debido a la fertilización excesiva con N (Baeyens, 1970).

#### 5.3.1.4. Rendimiento de paja, Altura de planta, Granos por espiga, Espigas por $m^2$ y Peso de paja

Estas variables no manifiestan respuesta alguna al variar los niveles de fertilización nitrogenada. La altura de planta, peso de paja y rendimiento de paja que son caracteres que dependen directamente del desarrollo vegetativo alcanzado por la planta, no responden de la misma manera que la longitud de espiga, la cual sí respondió a la fertilización nitrogenada. Esto se debe a que la altura de planta es un carácter de poca variabilidad en la variedad Centinela (100 a 110 cm), obteniéndose en el experimento un promedio general de 102 cm y, aunque la longitud de espiga aumenta a medida que se incrementa la dosis de N, la materia seca producida por este crecimiento no es significativa, por lo cual el peso y el rendimiento de paja permanecen constantes.

El número de espigas  $\times m^2$  que está en función del grado de amacollamiento de la planta, tampoco responde a la fertilización nitrogenada. Esto concuerda con lo reportado por Tola *et al.*, (1975), quienes afirman que la mayor producción de amacollos por la planta está regulada principalmente por la densidad de siembra y en menor grado por la fertilización. Como se verá más adelante, esta variable responde diferencialmente cuando el cultivo se somete a condiciones de competencia.

El número de granos por espiga tampoco se modifica pues se observa que en el caso del grano, la mayor o menor disponibilidad de nitrógeno afecta su peso o producción de materia seca, pero no así a la cantidad de granos presentes en la espiga.

### 5.3.2. Efecto de la aplicación del herbicida 2,4-D amina sobre las variables de respuesta

En el Cuadro 7 se presentan los resultados de la comparación de medias mediante la Prueba de Rango Múltiple de Duncan, efectuado en Parcela Grande, cuyos niveles fueron: PG 1 = Sin herbicida y PG = 2 Con herbicida. Aquí se puede observar que en las variables Rendimiento de grano, Rendimiento de paja, Altura de planta, Longitud de espiga, Peso de grano y Peso de paja, no hay diferencias entre sus valores promedio.

Las variables Granos por espiga, Humedad del grano y Espigas por  $m^2$ , sí reflejan diferencias entre sus promedios al aplicar o no aplicar herbicida, respondiendo de manera positiva las dos primeras y negativamente la tercera.

Cabe mencionar que las variables que no reflejan diferencias entre sus promedios, a excepción de la variable Longitud de espiga, las demás presentan promedios más altos en las parcelas experimentales donde se aplicó herbicida aunque esta superioridad no resulte significativa.

A nivel de campo, en las parcelas donde se aplicó herbicida, se logró un control efectivo de las malezas presentes (las cuales eran en su totalidad de hoja ancha), manteniéndose el cultivo limpio después de la aplicación, hasta el término de su ciclo vegetativo.

En las parcelas donde no se aplicó herbicida, la incidencia de malezas fue considerable, pero en menor magnitud que en el cultivo normal que circundaba al experimento.

La menor incidencia de malezas dentro del experimento con respecto al cultivo normal circundante, se debió principalmente al hecho de que

CUADRO 7. COMPARACION DE MEDIAS POR EL METODO DE DUNCAN PARA PARCELA GRAN DE, EN CADA UNA DE LAS VARIABLES DE RESPUESTA

Variable	Grupo	Promedio	N	PG
RENDGRA	A	2609.9	64	2
	A	2555.5	64	1
RENDPAJA	A	5242.3	64	2
	A	5062.3	64	1
ALTPLANT	A	102.07	64	2
	A	101.45		
LONGESP	A	6.2800	64	1
	A	6.2000	64	2
GRA <sub>x</sub> ESP	A	43.016	64	2
	B	39.553	64	1
ESP <sub>xm</sub> <sup>2</sup>	A	433.66	64	2
	B	364.08	64	1
PEGRA	A	1.0221	64	2
	A	0.9980	64	1
HUMGRA	A	10.088	64	2
	B	9.813	64	1
PEPAJA	A	2.0524	64	2
	A	1.9763	64	1

Niveles: 1 = sin herbicida. 2 = con herbicida

Nota: Promedios con la misma letra no son significativamente diferentes.

el experimento se sembró después del cultivo normal (una semana después), debido a que la humedad del suelo era muy elevada a causa de las lluvias que se presentaron en los días anteriores al 4 de junio. Al tener el suelo una humedad adecuada, las semillas de las malezas tuvieron las condiciones ideales para poder germinar y empezar a emerger, por lo que al momento de sembrarse el experimento, tapando la semilla con un paso de raspa, se eliminó al mismo tiempo toda la maleza en proceso de emergencia, lográndose abatir de esta manera su incidencia posterior, dándosele al cultivo una mayor ventaja con respecto a las malezas.

Pasando al análisis de los resultados, Langer y Hill (1982), reportan que el número de granos por espiga y las espigas por  $m^2$  son dos de los componentes de rendimiento principales para la cebada y se ha notado que cuando las espigas por  $m^2$  declinan, se incrementan los granos por espiga; así el incremento en el tamaño de la espiga ayuda a compensar las pérdidas por un menor número de plantas (Knapp y Knapp, 1977). En el experimento estas variables se comportaron de la siguiente manera:

#### 5.3.2.1. Granos x espiga

Esta variable resultó con una diferencia altamente significativa en favor de las parcelas donde se aplicó herbicida; sin embargo, dado que no se nota un aumento significativo en la longitud de espiga, es de suponerse que los granos son de menor tamaño y peso, razón por la cual, no se manifiesta un aumento significativo en el rendimiento.

### 5.3.2.2. Espigas x m<sup>2</sup>

Esta variable se comporta de manera inversa a la anterior; esto es, que sus valores promedio son significativamente superiores cuando no se aplica herbicida.

Según Beratto *et al.*, (1974), este componente de rendimiento muestra relaciones de compensación bajo condiciones de competencia.

Dado que el amacollamiento determina el número de espigas por unidad de superficie y asumiendo la hipótesis de que el aumento en amacollamiento es una respuesta a la competencia Cebada-Malezas, se puede decir que la superioridad que muestran las parcelas sin herbicida para esta variable se debe al efecto compensatorio que muestra la cebada en el número de amacollos al estar bajo condiciones de competencia con las malezas y por la agresividad característica de este cereal, dado que presenta una buena capacidad competitiva frente a las malezas (Bell y Nalewaja, 1968).

Como se puede apreciar, el comportamiento de esta variable y de la anterior, concuerda con lo reportado por Langer y Hill (1982); pues bajo condiciones similares, se comportan de manera inversa manifestando una relación recíproca de compensación.

Evans y Wardlaw (1976) mencionan que cuando la capacidad de amacollamiento aumenta, las espigas tienden a ser más cortas o el tamaño de los granos se reduce.

Así pues, bajo condiciones de competencia se estimula el amacollamiento de la planta y como cada amacollo producido es capaz de dar lugar

a una espiga, se incrementa el número de espigas  $\times m^2$ , mientras que los granos  $\times$  espiga disminuyen bajo estas condiciones.

Por otra parte, cuando se aplica herbicida, se elimina la competencia interespecie desarrollándose libremente el cultivo, el cual traduce esta ventaja en un mayor número de granos por espiga sin incrementarse el número de espigas  $\times m^2$  al no haber un estímulo en el amacollamiento.

#### 5.3.2.3. Humedad del grano.

Para esta variable se presentaron diferencias altamente significativas en favor de la aplicación de herbicida. Según Tola *et al.*, (1977), el ciclo vegetativo en las etapas de espigamiento y madurez fisiológica se reduce a medida que se incrementa la densidad de siembra; esto es, que a medida que existe un mayor número de plantas por unidad de superficie, el ciclo vegetativo se acorta y por lo tanto, la humedad del grano debe ser menor al momento de la cosecha con respecto al grano que se obtiene de parcelas con una menor densidad de plantas.

Esto explica el porque al aplicar herbicida la humedad del grano es mayor con respecto al grano producido en las parcelas sin herbicida, las cuales al estar en competencia con las malezas (mayor densidad de plantas  $\times m^2$ ), aceleraron su ciclo vegetativo dando como resultado que la humedad del grano fuera menor al momento de la cosecha.

#### 5.3.2.4. Rendimiento de grano, Rendimiento de paja, Altura de planta, Longitud de espiga, Peso de grano y Peso de paja

Estas variables no responden de manera significativa a la aplicación de herbicida. Dado que el peso de grano y peso de paja no varían, el - -

rendimiento de grano y de paja que dependen directamente de éstos, tampoco varían de manera significativa.

La longitud de espiga y la altura de planta son caracteres de poca variación dentro de la variedad y por lo tanto no manifiestan una respuesta significativa a la aplicación de herbicida.

Ahora bien, el empleo de los herbicidas como método de control de malezas en la agricultura siempre se ha justificado por el hecho de que incrementan los rendimientos por unidad de superficie, mejoran la calidad de los productos, etc., dado que reducen al mínimo la competencia que las malezas ejercen sobre los cultivos. Sin embargo, el análisis estadístico de los resultados del experimento no refleja una ventaja de la aplicación del herbicida en términos de rendimiento, que es el factor que más interesa a los agricultores.

Si bien es cierto que a nivel estadístico no se aprecia el efecto esperado del herbicida, a nivel de tendencias sí se puede observar. Si se comparan las repeticiones del testigo absoluto (Tratamiento 16; 00-00) en el cual se puede observar únicamente el efecto del herbicida, se nota que con la sola aplicación del herbicida se obtiene un promedio de 541.22 kg de grano/ha de más, con respecto al promedio que se obtiene de las parcelas sin herbicida (Cuadro 8).

Por otra parte, es de esperarse que, si a una parcela, además de aplicarle herbicida se le aplica fertilizante, el rendimiento deberá ser mayor. Esta tendencia se puede apreciar en el experimento, sobre todo con las dosis bajas de fertilización: 00-30 y 30-30 kg de N y P/ha aplicados al momento de la siembra y la 60-30 kg de N y P/ha aplicada en la siembra

CUADRO 8. RENDIMIENTO DE GRANO (kg/ha) OBTENIDO EN LAS PARCELAS SIN HERBICIDA Y CON HERBICIDA ( $\bar{x}$  DE 4 REPETICIONES)

No. trat.	Sin herbicida	Con herbicida	Diferencia en favor de S/H C/H	
1	2622.03	2705.39	83.36	C/H
2	2701.23	3151.72	450.49	C/H
3	2766.29	2487.65	278.64	C/H
4	2689.51	2628.79	60.72	S/H
5	2439.49	2093.19	346.3	S/H
6	2774.59	2620.96	153.63	S/H
7	3515.65	2830.30	685.35	S/H
8	2399.32	2540.88	141.56	C/H
9	2722.97	2730.33	7.36	C/H
10	2261.92	2251.77	10.15	S/H
11	2391.89	2548.08	156.19	C/H
12	2374.79	2560.68	186.01	C/H
13	2490.91	2681.94	191.03	C/H
14	2485.33	2705.31	219.98	C/H
15	2096.77	2524.86	428.09	C/H
16	2155.15	2696.36	541.21	C/H

y en el amacollamiento, notándose además un aspecto muy interesante que es la respuesta del cultivo a la fertilización tardía con cualquiera de las dosis de fertilización, cuando se aplica herbicida (Tratamientos 11 al 15 del Cuadro 8).

Además de lo anterior es necesario hacer mención a otros factores que pudieron haber influido en el efecto del herbicida, entre los cuales se encuentran la desventaja relativa del diseño experimental, ya que el diseño en parcelas divididas sacrifica la precisión en la estimación de los efectos promedio de los tratamientos asignados a parcela grande (Little y Hills, 1984) y por otra parte, la estabilidad de la variedad Centinela en términos de rendimiento cuando se le cultiva en ambientes favorables o desfavorables (Riojas, 1981).

Otros factores importantes a considerar son la época de aplicación del herbicida y la incidencia de malezas dentro del experimento. En primer lugar, se recomienda aplicar el herbicida a los 30 días después de la siembra que generalmente coincide con la etapa de amacollamiento del cultivo en la cual el herbicida no ocasiona daños a la planta, en este caso la aplicación se efectuó dentro de este límite. En segundo lugar, la incidencia de malezas dentro del experimento al momento de la aplicación del herbicida era en realidad baja, pues la altura de las malezas era menor a la altura del cultivo y, por lo tanto, hasta este momento no existía en realidad una competencia entre las malezas y el cultivo de cebada sino más bien se podría considerar como un período de convivencia sin que se haya alcanzado el Período Crítico de Competencia, razón por la cual no se notan diferencias marcadas entre los tratamientos donde se aplicó el herbicida y aquéllos en donde no se efectuó la aplicación, pues ---

aunque en éstos últimos el cultivo creció enmalezado, la incidencia de malezas no fue muy elevada y el cultivo, desde el momento de ser sembrado, ya tenía una gran ventaja sobre las malezas.

Dentro de las condiciones ambientales en las que se desarrolló el cultivo, cabe mencionar el efecto benéfico que la aplicación de herbicida produce en el % de humedad del suelo, pues al excluir a las malezas se logra economizar una buena cantidad de agua (Figura 3A del Apéndice), misma que podrá ser aprovechada por el cultivo. Esto es muy importante considerando que se está hablando de condiciones de temporal en donde la humedad del suelo es el factor más limitante.

### 5.3.3. Interacciones

Las variables Granos por espiga y Humedad del grano muestran en el análisis de varianza (Cuadro 5), valores significativos cuando se analiza la interacción entre los dos factores estudiados (PG x PCH), lo cual indica que existe un efecto conjunto del herbicida y de la dosis y época de aplicación del fertilizante nitrogenado en el comportamiento de estas variables.

#### 5.3.3.1. Granos por espiga

Como ya se ha mencionado anteriormente, el número de granos por espiga es un componente de rendimiento en la cebada y por lo tanto su comportamiento afecta directamente al rendimiento económico.

El promedio de granos por espiga para la variedad Centinela es de 46 (Cuadro 3), sin embargo, al someter al cultivo a la influencia de los

dos factores estudiados, se da una variación promedio muy amplia en esta característica de la planta (36 a 47 granos por espiga).

En la Figura 13 se puede apreciar el comportamiento de esta variable, observándose lo siguiente: En primer lugar, se nota que la aplicación de herbicida incrementa el número de granos por espiga cuando el fertilizante nitrogenado (con cualquier dosis) es aplicado al momento de la siembra o fraccionado en dos partes, 1/2 Siembra y 1/2 al amacollamiento, mientras que cuando el fertilizante es fraccionado en tres partes (1/3 Siembra, 1/3 Amacollamiento y 1/3 Floración) no se manifiesta la misma respuesta a la aplicación del herbicida, dado que sólo la dosis más baja (30 kg N/ha) es la que manifiesta un mayor número de granos por espiga al aplicar herbicida.

En segundo lugar, la dosis de fertilización nitrogenada con la cual la planta produjo un mayor número de granos por espiga resultó ser la de 40 kg N/ha cuando ésta es aplicada 1/2 Siembra y 1/2 Amacollamiento y con la aplicación de herbicida. Como ya se vió anteriormente, esta misma dosis de fertilización es la que produjo los rendimientos más altos.

Así pues, queda demostrado de esta manera, la forma en que el número de granos por espiga puede contribuir al incremento del rendimiento cuando se manejan de forma adecuada estas prácticas de cultivo.

#### 5.3.3.2. Humedad del grano

El % de humedad del grano cosechado también muestra la interacción de los dos factores estudiados. En la Figura 14, se muestra la variación que se produce en el % de humedad como respuesta a los niveles de - - -

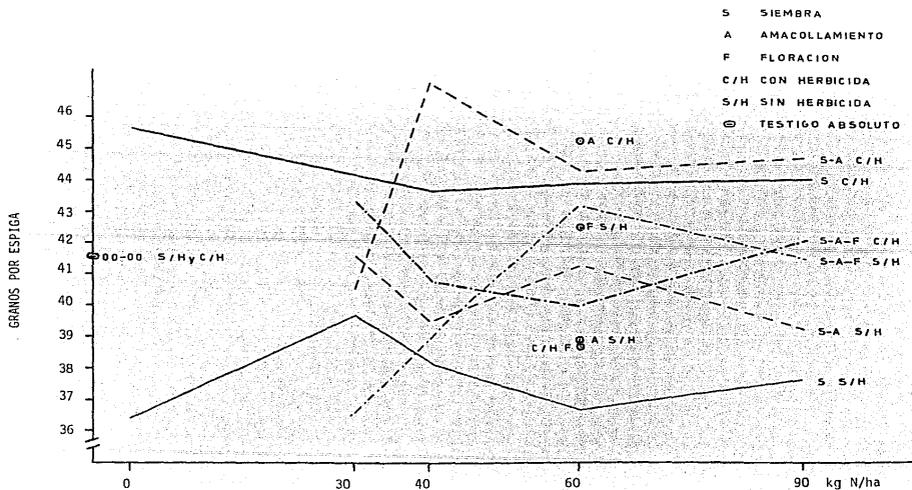


FIG. 13. RESPUESTA DE LA CEBADA A LA INTERACCIÓN ENTRE DOSIS Y EPOCA DE APLICACION DE NITROGENO Y LA APLICACION DE HERBICIDA.

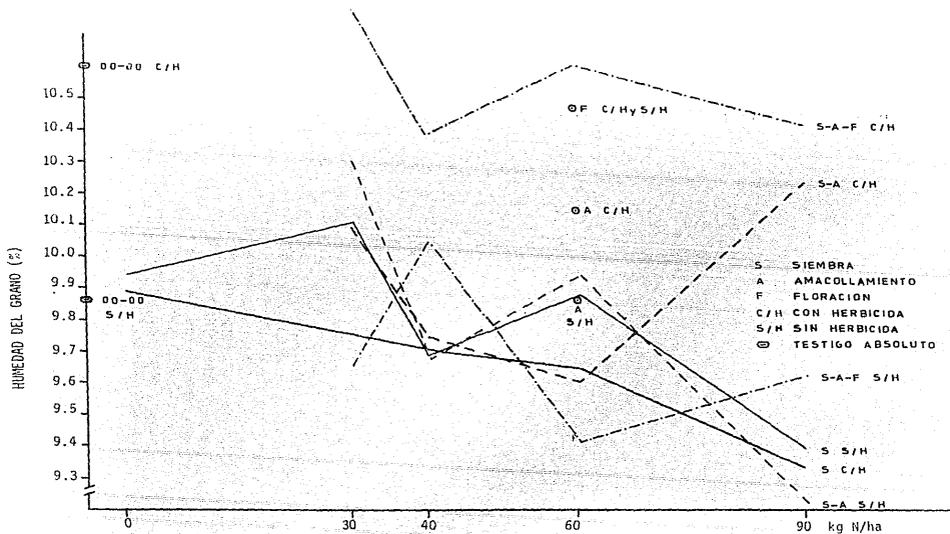


FIG. 14. RESPUESTA DE LA CEBADA A LA INTERACCION ENTRE DOSIS Y EPOCA DE APLICACION DE NITROGENO Y LA APLICACION DE HERBICIDA.

fertilizante nitrogenado con o sin aplicación de herbicida.

En esta gráfica se vienen a conjuntar los efectos individuales de los dos factores que se están manejando y que ya han sido analizados anteriormente. Aquí se puede ver claramente que la humedad del grano es más alta cuando se aplica herbicida y el fertilizante es distribuido en la siembra, amacollamiento y floración, sin importar la dosis de fertilizante que se emplee, mostrándose de esta manera el efecto de las aplicaciones tardías del fertilizante, las cuales provocan un alargamiento del ciclo vegetativo de la planta, y por otra parte el efecto de la aplicación del herbicida, el cual, al eliminar a las malezas, propicia también que el ciclo vegetativo no se acelere por el efecto de competencia.

También se puede observar que cuando se aplica la dosis de 90 kg N/ha, en la siembra y amacollamiento y se combina con la aplicación de herbicida, el % de humedad del grano también se eleva de manera considerable. Esto muestra que con la aplicación de 45 kg N/ha en el amacollamiento, ya se manifiesta el efecto de alargamiento del ciclo vegetativo y se acentúa aún más con cualquier cantidad adicional aplicada en la época de floración, pues se obtienen promedios parecidos si se adicionan 10 ó 60 kg N/ha en esta etapa.

Si el fertilizante es aplicado en la siembra, se aplique o no herbicida, se nota que la humedad del grano disminuye a medida que se incrementa la dosis de nitrógeno. Se presenta el mismo comportamiento si el fertilizante es aplicado a la siembra y amacollamiento sin herbicida y con herbicida, hasta los 60 kg N/ha pues al pasar a 90 kg N/ha se presenta lo descrito en el párrafo anterior.

#### 5.4. Resultados de laboratorio

En el Cuadro 9 se puede apreciar la magnitud del crecimiento alcanzado por el grano, expresado en el índice de llenado. Aquí se muestra el porcentaje de granos retenidos, de acuerdo a su tamaño, en cada una de las cribas utilizadas en la determinación y el índice de llenado correspondiente de acuerdo al porcentaje de granos de tipo Lleno, Mediano y Delgado presentes en cada una de las muestras compuestas de cada tratamiento.

El porcentaje de proteína total del grano de las 32 muestras analizadas, se presenta en el Cuadro 10, en donde también aparece el porcentaje de humedad que presentaba el grano al momento de efectuarse el análisis de calidad maltera.

En los dos cuadros anteriores aparecen los promedios de los tratamientos sin herbicida y con herbicida.

Las determinaciones del poder diastásico y extracto potencial no se efectuaron debido a que el índice de llenado, para todas las muestras, resultó con valores bajos y, por consiguiente, los porcentajes de proteína sobrepasaron los niveles permitidos para la cebada maltera.

En lo que respecta al índice de llenado, el promedio aceptable para la variedad Centinela es de 664 (Cuadro 1A del Apéndice), lo cual nos muestra que el grano obtenido en todos los tratamientos no alcanzó un tamaño adecuado. Esto se puede ver claramente en el Cuadro 9, en el cual se puede apreciar que en general se obtuvieron mayores porcentajes de grano clasificado como Mediano, siguiéndole en orden de importancia el grano

CUADRO 9. INDICE DE LLENADO DEL GRANO DE CEBADA MALTERA VAR. CENTINELA  
CICLO PRIMAVERA-VERANO, 1985\*

No. de muestra	Criba 6/64" x 3/4" (%)	Criba 5/64" x 3/4" (%)	Criba 5/64" x 3/4" (%)	Indice de llenado
<u>Parcelas experimentales sin herbicida</u>				
1	36.58	53.15	10.12	526
2	35.64	52.18	12.04	523
3	22.3	64.81	12.7	509
4	13.74	68.17	18.0	495
5	12.59	75.87	11.41	501
6	23.11	62.1	14.65	508
7	25.65	58.2	15.98	509
8	20.99	63.51	15.38	505
9	17.2	64.71	17.9	498
10	10.25	77.61	12.05	498
11	26.3	58.22	15.33	510
12	33.98	56.89	9.0	524
13	25.72	62.2	11.91	513
14	41.0	49.42	9.41	531
15	18.9	66.52	14.45	504
16	29.7	55.98	14.19	515
			X	510.56
<u>Parcelas experimentales con herbicida</u>				
1	36.3	52.1	11.14	524
2	33.88	52.25	13.70	519
3	23.46	59.88	16.5	506
4	19.18	63.6	17.08	501
5	12.38	64.2	23.29	488
6	27.82	62.28	9.7	517
7	28.82	59.69	11.35	517
8	21.65	58.5	19.68	501
9	20.73	65.2	13.9	506

cont...

Cuadro 9 (cont.)

No. de muestra	Criba 6/64" x 3/4" (%)	Criba 5/64" x 3/4" (%)	Criba 5/64" x 3/4" (%)	Indice de llenado
10	14.2	68.43	17.12	496
11	23.99	64.6	11.28	512
12	23.01	61.88	14.92	507
13	23.4	61.33	15.1	507
14	25.62	58.65	15.5	509
15	18.55	61.89	19.42	498
16	30.13	56.28	13.43	516
				$\bar{x}$ 507.75

\* Resultados obtenidos en el Laboratorio de Cebada y Avena del CIAMEC. Chapingo, Méx. (14-I-86).

CUADRO 10. PROTEÍNA TOTAL DEL GRANO EN CEBADA MALTERA VAR. CENTINELA, CICLO PRIMAVERA-VERANO, 1985\*

No. de muestra	Sin herbicida		Con herbicida	
	Humedad (%)	Proteína total (%)	Humedad (%)	Proteína total (%)
1	10.37	13.4	9.97	13.8
2	10.19	14.1	9.79	14.4
3	9.97	15.3	9.61	14.9
4	9.97	16.4	9.61	15.7
5	9.70	17.1	9.34	16.5
6	10.28	14.4	10.15	14.7
7	10.01	14.3	9.74	14.7
8	10.10	15.2	9.79	15.0
9	10.10	15.3	9.97	15.7
10	9.74	17.2	10.01	17.0
11	9.92	14.3	10.55	15.7
12	10.10	14.7	10.42	15.7
13	9.92	15.6	10.42	16.0
14	10.82	15.0	10.60	16.2
15	9.92	16.0	10.42	17.1
16	10.46	14.1	10.87	15.0
	$\bar{x}$	15.15	$\bar{x}$	15.48

\* Resultados obtenidos en el Laboratorio de Cebada y Avena del CIAMEC, Chapingo, Méx. (21-1-86).

Lleno y en menor proporción el grano Delgado.

Como se menciona en la Revisión de Literatura, el índice de llenado del grano se correlaciona estrechamente con los demás parámetros de calidad como son: proteína, poder diastásico y extracto potencial.

Al respecto, Figueroa (1982) señala que los granos pequeños presentan la desventaja de tener un bajo rendimiento de extracto y un alto contenido de proteínas, las cuales dan por resultado un alto poder diastásico debido a una actividad enzimática excesiva.

Los porcentajes de proteína total de las muestras analizadas en general son elevados, pues sobrepasan el máximo valor permitido (13.5%), lo cual confirma la relación antes mencionada. Sólo una de las muestras (Muestra 1, sin herbicida) resultó dentro del límite permitido (10.5 a 13.5%).

#### 5.4.1. Efecto de la dosis y época de aplicación del fertilizante nitrogenado en el índice de llenado y la proteína total del grano

El efecto de la dosis de nitrógeno en el índice de llenado puede apreciarse en la Figura 15 en la cual, este parámetro de calidad manifiesta una tendencia decreciente a medida que se incrementa la dosis de N. Por lo tanto, los promedios más altos se obtienen con las dosis: 00-30, 30-30 y 60-30 kg de N y P/ha (525, 521 y 520 respectivamente). Con respecto a la época de aplicación (Figura 16), aunque no se nota una tendencia clara, los promedios más altos corresponden (en el caso de las dos primeras dosis mencionadas) a cuando el fertilizante es aplicado al momento de la siembra y en aplicación total al momento de la floración con la dosis de 60-30 kg de N y P/ha.

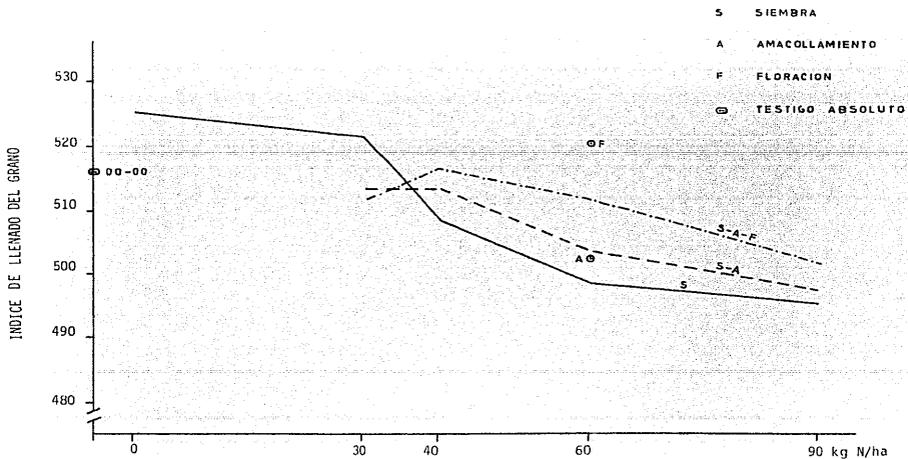


FIG. 15. INFLUENCIA DE LA EPOCA DE APLICACION DEL FERTILIZANTE CON DOSIS CRECIENTES DE NITROGENO EN EL LLEVADO DEL GRANO.

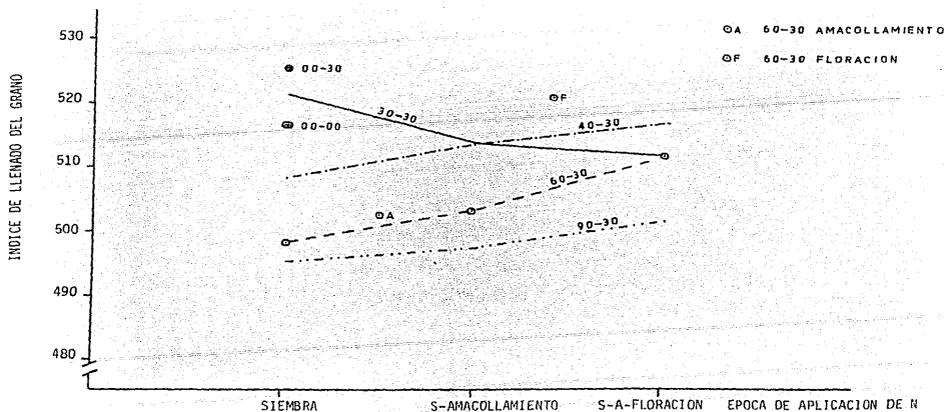


FIG. 16. INFLUENCIA DE LA DOSIS DE NITROGENO EN TRES EPOCAS DE APLICACION SOBRE EL LLENADO DEL GRANO.

En la Figura 16 se aprecia claramente el efecto del fósforo, ya que su sola aplicación incrementó el índice de llenado del grano.

En la Figura 17 se puede notar que la proteína se incrementó (casi de manera lineal) al aumentar la dosis de N, obteniéndose los promedios más altos con la dosis de 90-30 kg de N y p/ha y los menores cuando no se aplicó nitrógeno.

La época de aplicación del fertilizante parece no tener efecto sobre este parámetro de calidad (Figura 18), pues la variación que se presenta se debe exclusivamente a las diferentes dosis de fertilización. Puede notarse también de nueva cuenta el efecto del fósforo, pues al incluirse este nutriente se nota una reducción en el porcentaje de proteína total del grano.

El hecho de que el fósforo ayude a incrementar el índice de llenado y a disminuir el porcentaje de proteína es un indicador del papel regulador que juega en la planta, al influir en la calidad del grano de cebada para cervecería. Esto concuerda con lo reportado por Baeyens (1970).

Puesto que el llenado del grano no fue el adecuado en todos los tratamientos, esto no da la pauta para suponer que la causa de esto, se encuentra en un factor diferente a los que estuvieron bajo control.

Dado que el índice de llenado y la proteína son factores que varían ampliamente con las condiciones ambientales y, puesto que las condiciones ecológicas (principalmente la distribución de la precipitación) no fueron las más adecuadas, se puede suponer que las condiciones ambientales son los causantes directos de los resultados obtenidos.

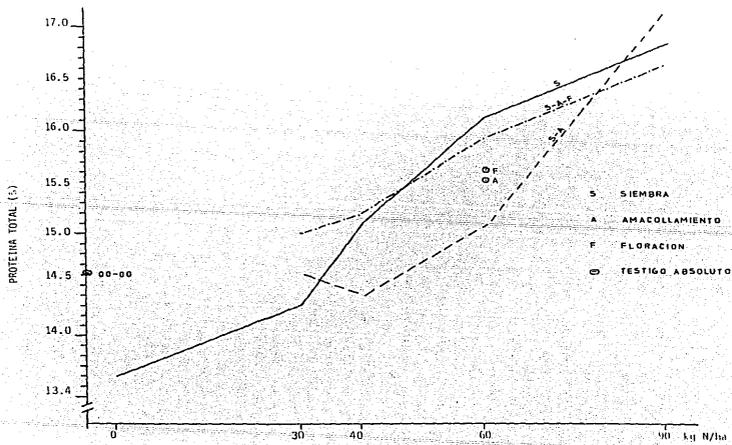


FIG. 17. INFLUENCIA DE LA EPOCA DE APLICACION DEL FERTILIZANTE EN DOSIS CRECIENTES DE NITROGENO EN LA PROTEINA DEL GRANO.

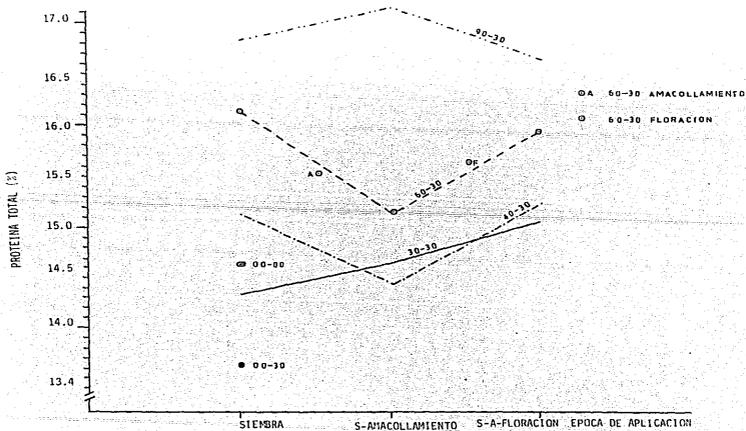


FIG. 18. INFLUENCIA DE LA DOSIS DE NITROGENO EN TRES EPOCAS DE APLICACION SOBRE LA PROTEINA DEL GRANO.

Por principio de cuentas, la información que aparece en los Cuadros 4A y 5A y las Figuras 1A y 3A del Apéndice, proporcionan el suficiente apoyo para fundamentar lo anterior, pues el cultivo no contó con una distribución adecuada de la precipitación y por consiguiente, de una humedad adecuada en el suelo, por lo que estuvo sometido a una deficiencia hídrica en las etapas posteriores a la antesis, produciéndose un deficiente llenado del grano.

Como se sabe, una deficiencia hídrica durante una etapa crítica del cultivo, como lo es el llenado y maduración del grano, acelera el proceso de maduración del mismo y esto trae como consecuencia un desequilibrio en la proporción de almidón en el endospermo y ocasiona un aumento en los niveles de proteína, dado que son las primeras en formarse (Figuroa, 1982). Así pues, esto da la explicación del porque todos los tratamientos resultaron con un elevado porcentaje de proteínas.

Como apoyo a lo anterior, podemos mencionar los resultados del análisis de calidad maltera efectuado en una muestra compuesta del grano cosechado del ciclo 1984 (ver Anexo 3 del Apéndice) el cual se efectuó con la finalidad de tener un patrón de comparación. Aquí puede observarse que el grano de la variedad Cerro Prieto, que se sembró en este año, alcanzó un índice de llenado bastante bueno (577) y un porcentaje de proteína que, aunque rebasa el límite permitido, se podría considerar como aceptable (13.6%) dado que se está cultivando bajo condiciones de temporal en donde generalmente se obtienen porcentajes de proteína más altos que bajo condiciones de riego. Lo anterior se logró gracias a que en este ciclo se contó con una mejor distribución de la precipitación a lo largo del ciclo de cultivo, con respecto al ciclo 1985 en el cual se desarrolló el experimento

(ver la Figura 2A del Apéndice).

En lo que concierne al efecto del suelo, en el Anexo 4 del Apéndice se reportan los resultados del análisis físico-químico del suelo en donde se condujo el experimento. Un aspecto interesante de estos resultados es el contenido de nitrógeno del suelo, dado que este factor puede influir en el porcentaje de proteína del grano, incrementándolo en el caso de que este elemento se encuentre en exceso. Sin embargo, el suelo resultó ser pobre en nitrógeno por lo cual no pudo haber influido en los resultados de proteína.

La deficiente distribución de la precipitación que se presentó durante el ciclo de cultivo, pudo haber influido también en la poca respuesta de la planta a la fertilización tardía, pues la "urea" necesita de 3 a 4 semanas para poder ser aprovechado por las plantas (Teuscher y Adler, 1980) y, además, su proceso de conversión se detiene cuando el contenido hídrico del suelo se aproxima al punto de marchitamiento (Thompson y Troeh, 1980). De acuerdo a esto, el fertilizante aplicado en la etapa de floración no pudo ser aprovechado íntegramente por el cultivo debido a la disminución de la humedad del suelo (Figura 3A del Apéndice) que se presentó después de los 53 días, fecha en que se efectuó la aplicación. Esto explica también el comportamiento de las variables de respuesta, las cuales responden de manera muy limitada a las aplicaciones tardías del fertilizante nitrogenado.

#### 5.4.2. Efecto de la aplicación del herbicida 2,4-D amina sobre el índice de llenado y la proteína total del grano

Si se analizan los promedios generales que aparecen en los Cuadros 9 y 10, en donde se diferencian los tratamientos con y sin herbicida,

se nota que para el índice de llenado se obtuvieron promedios de 510.56 sin herbicida y 507.75 con herbicida y, para la proteína, de 15.15% sin herbicida y 15.48% con herbicida. Con base en esto y siendo estrictos, se puede afirmar que no se aprecia un efecto significativo de la aplicación de herbicida, pues la diferencia que resulta de los promedios es muy pequeña.

Sin embargo, tomando en cuenta las tendencias que muestran los resultados, se puede notar que la proteína del grano se incrementó con la aplicación de herbicida. Esto se puede ver claramente con el testigo absoluto (Muestra No. 16, 00-00 de fertilización) donde se excluye el efecto de la fertilización (15.0% con herbicida y 14.1% sin herbicida). El índice de llenado no manifiesta respuesta alguna.

El hecho de que al aplicar herbicida se aumente la proteína, es comprensible puesto que al eliminar la competencia de las malezas, existe una mayor disponibilidad de nitrógeno el cual, al ser aprovechado por las plantas, incrementa el contenido proteínico del grano. Lo anterior concuerda con lo reportado por Friesen *et al.*, (1960) y Mondragón (1982) quienes también encontraron este comportamiento al aplicar herbicida en el cultivo de cebada.

Por otra parte, la falta de una respuesta clara a la aplicación de herbicida se debe a que, como ya se vió anteriormente en los resultados de campo, la diferencia entre los tratamientos con herbicida y los tratamientos sin herbicida en lo que se refiere a incidencia de malezas, no fue lo suficientemente consistente como para que pudiera reflejarse alguna respuesta en los resultados.

Ahora bien, volviendo a lo que concierne a los aspectos de calidad del grano, con este trabajo de investigación se pretendía llegar a un punto de equilibrio en el cual quedarán satisfechos los requerimientos de calidad por parte de la industria (maltera-cervecera) que utiliza el grano de cebada como materia prima y, al mismo tiempo, que el agricultor pudiera beneficiarse económicamente al producir un grano con buenas características, con el cual, pudiera obtener un mejor precio de venta.

Al respecto, en el Cuadro 3A del Apéndice se pueden ver las normas oficiales de calidad (aplicadas por la industria) a las cuales se enfrenta el agricultor al momento de vender su cosecha.

Como puede apreciarse, las características químicas del grano (proteína, poder diastásico y extracto) no se toman en consideración, esto es, no se comercializan y, por lo tanto, el hecho de que el grano no tenga un porcentaje de proteína adecuado, no afecta en nada al productor.

Esto es cierto solamente en parte, pues como se vió anteriormente, la proteína depende directamente del llenado del grano, el cual sí se toma en consideración al momento de comprar el grano (grano de tamaño para uso maltero) pudiendo aumentar o disminuir las ganancias del productor por las bonificaciones y/o deducciones a que se hace acreedor, dependiendo de la calificación que obtenga el grano al efectuarle el análisis para la comercialización en los sitios de recepción de la cebada maltera. Otro factor que se toma en consideración y que está estrechamente relacionado con el tamaño del grano es el peso hectolítrico, el cual se define como el peso del volumen del grano determinado en una porción de la muestra original libre de impurezas contenida en un hectolitro, expresado

en kilogramos. El peso volumétrico está en función del tamaño, forma y uniformidad del grano, además de ser un parámetro indicador de las condiciones físicas del grano para el malteo, está estrechamente relacionado con la cantidad de proteína presente en el mismo (Figueroa, 1982).

El porcentaje de impurezas en el grano, también se toma en consideración y es en este punto donde la aplicación de herbicida viene a solucionar este problema, pues se puede cosechar un grano limpio que alcanzará un mejor precio de venta.

Los otros aspectos como son la humedad del grano, mezclas y grano dañado, son factores que el agricultor puede controlar efectuando la cosecha en el momento oportuno, sembrando semilla certificada y cuidando que la trilla se efectúe de manera adecuada. El porcentaje de germinación de hecho siempre está asegurado dado que el grano está recién cosechado.

Retomando todo lo anterior y hablando en términos económicos (Anexo 5), la aplicación de herbicida incrementa los costos de producción en un 10.8%. Sin embargo, esto se compensaría con el ahorro en fertilizantes que significaría el utilizar la dosis de 40-30 kg de N y P/ha, con la cual se lograron los más altos rendimientos. Al hacer la relación entre los costos de producción, rendimiento y precio de venta, se nota que las ganancias del productor pueden incrementarse en un porcentaje mayor al 200% con la introducción de estos dos factores técnicos.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. Conclusiones

De acuerdo a los objetivos planteados para la realización de este experimento y en base a los resultados obtenidos en el mismo, podemos hacer las siguientes conclusiones, las cuales estarán dadas en función de las condiciones en las cuales se desarrolló el trabajo, pudiendo servir como guía de apoyo a los agricultores de la zona de estudio y como base para la realización de trabajos de investigación posteriores.

1. La dosis de fertilización más adecuada para la zona de estudio resultó ser la 40-30 kg de N y P/ha, la cual tuvo un efecto directo en los componentes de rendimiento como son el número de granos por espiga, espigas por metro cuadrado y el peso de grano. Este último determinó de manera directa un aumento en el rendimiento económico como respuesta a esta dosis de fertilización, dando como resultado un rendimiento comercial de 2.5 ton/ha, el cual, supera ampliamente al promedio de producción regional que es actualmente de 1.5 ton/ha.

2. En lo que se refiere a la calidad del grano, no fue posible conocer, como en el caso del rendimiento, cuál de las dosis de fertilización es la más adecuada. Sin embargo, los dos factores de calidad que se pudieron cuantificar obtuvieron sus valores más adecuados (alto índice de llenado y bajo porcentaje de proteína total) con las dosis de fertilización más bajas (00-30 y 30-30 kg de N y P/ha), mientras que a dosis - -

mayores, el índice de llenado tiende a decrecer y el porcentaje de proteína total se incrementa.

3. Con respecto a la época de aplicación del fertilizante nitrogenado, la respuesta del cultivo se inclinó en favor de la aplicación fraccionada, obteniéndose los rendimientos más altos cuando se aplica en dos partes ( $1/2$  N.P al momento de la siembra y  $1/2$  N en el amacollamiento) coincidiendo con la dosis de fertilización antes mencionada. La época de aplicación del fertilizante no tuvo efecto en los factores de calidad.

4. La aplicación tardía del fertilizante nitrogenado, cuando el cultivo está en la etapa de floración, produce un efecto negativo en el rendimiento de grano, ocasiona un mayor crecimiento vegetativo y retarda la maduración del grano puesto que alarga el ciclo vegetativo de la planta. Estos efectos se acentúan aún más a medida que se incrementa la cantidad de fertilizante aplicado en esta etapa. La aplicación tardía del fertilizante tampoco afectó a los factores de calidad.

5. Aunque no estaba dentro de los objetivos de este trabajo, se pudo apreciar la respuesta de la planta a la aplicación de fósforo, el cual, influyó en los siguientes aspectos:

- a) Tiene un efecto directo en el rendimiento de grano, ayudando a incrementarlo.
- b) Influye en el mejor aprovechamiento del nitrógeno al contrarrestar el crecimiento vegetativo y favorecer un mayor rendimiento de grano. Por otra parte, ayuda a que se logre un equilibrio nutricional en la planta, evitando con esto, que se presente un retraso en la maduración del grano cuando

se utilizan dosis altas de nitrógeno.

- c) Influye en la calidad del grano pues su aplicación da como resultado un índice de llenado más alto y un bajo porcentaje de proteína, lográndose de esta manera, un grano con mejores características físicas y químicas.

6. La utilización del herbicida 2,4-D amina, resultó ser un método efectivo para el control de las especies anuales de hoja ancha que se presentan en la zona y aún cuando en términos de rendimiento no se haya nota de una respuesta significativa por parte del cultivo (por las condiciones especiales que influyeron para que se presentara una menor incidencia de malezas), su utilización es recomendable dado que:

- a) Tiene un efecto significativo en los componentes de rendimiento, específicamente en el número de granos por espiga, lo cual asegura un incremento en el rendimiento bajo condiciones más drásticas de competencia.
- b) Ayuda a que el cultivo tenga una mayor disponibilidad de agua en el suelo al evitarse la extracción de este líquido por parte de las malezas.
- c) Disminuye el porcentaje de impurezas (semillas de malezas) en el grano cosechado, lo que garantiza un mejor precio de venta al agricultor.

Además de lo anterior, este insumo debe utilizarse pues las labores de cultivo no siempre podrán efectuarse ni dar los mismos resultados, dado que el temporal es muy incierto y las condiciones siempre serán diferentes. Por tal razón, la utilización del herbicida y las labores de --

cultivo deberán combinarse en la medida en que esto sea posible.

Con respecto a la calidad del grano, la aplicación de herbicida no causó ningún efecto en el índice de llenado, pero aumentó (aunque de manera poco consistente) el porcentaje de proteína del grano.

7. Como evaluación del comportamiento que presentan los factores de calidad a nivel de una producción comercial bajo condiciones de temporal, con este trabajo se pudo constatar que los factores que pudieron ser cuantificados (índice de llenado y proteína) varían ampliamente cuando el temporal es inadecuado. Por lo tanto, la calidad del grano de una variedad comercial de cebada maltera que se cultive en esta zona, dependerá de las condiciones ambientales que se presenten durante el desarrollo de la planta (específicamente de la cantidad y distribución de las lluvias) y de la realización correcta y oportuna de las prácticas de cultivo (preparación del suelo, época de siembra, fertilización, control de malezas, etc.) que también tienen una influencia directa en la calidad del grano.

8. Si bien es cierto que no se pudo obtener el índice de llenado y el % de proteína exigidos por la industria maltera-cervecera, se puede esperar que utilizando la dosis de fertilización anteriormente mencionada, aplicándola en forma fraccionada (1/2 N P Siembra y 1/2 N Amacollamiento), efectuando el control de malezas con la aplicación de herbicida y bajo condiciones adecuadas de precipitación (cantidad y distribución), la calidad del grano se mejore para lograr, de esta manera, un punto intermedio de equilibrio en el cual queden satisfechas las necesidades de un mayor rendimiento de grano con buenas características por parte de los productores de cebada y los requerimientos de calidad exigidos por la industria. Además, sólo mediante la combinación de estos factores técnicos,

puede lograrse que resulten económicamente redituables para el productor.

La combinación de estos factores está plenamente fundamentada, pues se presentó interacción entre ellos.

### 6.2. Recomendaciones

A sabiendas de que son necesarios más estudios sobre el mismo tema, pues en un solo ciclo no es posible llegar a dar recomendaciones, nos atrevemos a plantear algunas que, creemos se encuentran lo suficientemente fundamentadas por los resultados obtenidos y apoyados por la literatura y trabajos previos realizados en este cultivo. Además, a nivel de sugerencias, se mencionan algunos aspectos que deben seguirse estudiando para reforzar o refutar los resultados obtenidos en este trabajo.

1. Disminuir la cantidad de fertilizante nitrogenado que se está utilizando actualmente (80 kg/ha) hasta 40 kg/ha, fraccionando su aplicación en dos partes: 1/2 N P en la siembra y 1/2 N al amacollamiento.

2. Emplear herbicidas (2,4-D) para el control de malezas (1 lt/ha), aplicándolo en el amacollamiento. Esto debe hacerse en combinación con la dosis de fertilización antes mencionada para no incrementar los costos de producción y obtener mayores ganancias al mejorarse el rendimiento y las características de calidad del grano.

3. Realizar la cosecha en el momento oportuno, cuidando el % de humedad del grano (11.5 a 13.5%) y verificar la calibración adecuada de la trilladora para evitar que se obtengan granos desnudos y/o quebrados, pues de esta manera, no se tendrán deducciones al momento de vender la cosecha.

4. Explorar, en trabajos posteriores, diferentes niveles de fósforo para encontrar la dosis óptima para la zona, dado que la planta demostró una respuesta bien definida a la aplicación de este nutriente en términos de rendimiento y los factores de calidad maltera. Sería interesante además, conocer el efecto de K en la calidad del grano, pues hasta el momento sólo se han hecho trabajos enfocados al rendimiento.

5. Se sugiere volver a estudiar la fertilización tardía, pues las condiciones ambientales no permitieron la manifestación de una respuesta clara por parte de la planta. Además, sería adecuado cambiar la fuente de fertilizante nitrogenado (por ejemplo fertilizantes amoniacales o nítricos) en aplicación tardía dado que la urea requiere de más tiempo para transformarse a formas aprovechables por la planta y su asimilación no se realiza o es incompleta cuando la precipitación disminuye en las etapas tardías del cultivo.

## VII. BIBLIOGRAFIA

- Aguado M., Alonso M. y Besnier F. 1978. Diez temas sobre cereales. Ministerio de Agricultura. Madrid, España.
- Albarrán Millán M. 1980. Informe Anual de Actividades. Distrito de Temporal III, Tulancingo Hidalgo. INIA-CIAMEC-CAEVAMEX.
- Alcalde Blanco S. 1979. Apuntes de curso de nutrición vegetal. UACH, Chapingo, México. Inédito.
- Baeyens J. 1970. Nutrición de las plantas de cultivo. Ed. LEMOS, Madrid, España.
- Beratto E., R.A. Fischer y J. Ortíz. 1974. Influencia de la longitud del ciclo sobre algunos parámetros fisiológicos y su relación con rendimiento de grano en 10 cultivares de trigo (*Triticum aestivum*) estudiados en Chapingo. Agrociencia 16:117-134.
- Briggs D.E. 1978. Barley. London Chapman Hall, New York.
- Cajuste Lenom J. 1977. Química de suelos con enfoque agrícola. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. 277 p.
- Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. 1981. Información sobre aspectos geográficos, sociales y económicos. Vol. 1. Aspectos Geográficos. S.P.P. México. 113 p.
- \_\_\_\_\_, Dirección General de Geografía del Territorio Nacional. 1981a. Carta de edafológica E-14-B-11 Tizayuca. Esc. 1:50,000. S.P.P. México.
- \_\_\_\_\_, 1981b. Carta de Uso del Suelo y Vegetación E-14-B-11 Tizayuca. Esc. 1:50,000. S.P.P. México.
- Cremlyn R. 1982. Plaguicidas modernos y su acción bioquímica. Ed. LIMUSA, México. 355 p.
- Cooke G.W. 1978. Fertilizantes y sus usos. Ed. CECSA, México.
- Delorit R.J. y Ahlgreen H.L. 1982. Producción agrícola. Ed. CECSA, México.
- Diario Oficial. 1982. Martes 9 de noviembre. p. 5-8.
- Dirección General de Sanidad Vegetal. 1982. Manual de plaguicidas autorizados. México. 255 p.

- Dregne H.E. y Hessan H. 1975. Las interacciones entre iones específicos de los fertilizantes y de las sales del suelo. (Trad. por M. Pulstspolkjova de A.) Memorándum técnico No. 346. S.R.H. 31 p. (mimeografiado).
- Evans L.T. 1975. Fisiología de los cultivos (Trad. por González I.H.) Ed. Hemisferio Sur. S.A. Buenos Aires, Argentina. p. 1-20.
- \_\_\_\_\_ and Wardlaw I.F. 1976. Aspectos comparativos de la fisiología del rendimiento de grano en cereales (Trad. por Arellano V. J.L.). Adv. Agron. 28:301-354. (mimeografiado).
- F.A.O. 1984. Trigo, Cebada y Avena. Serie de manuales para educación agropecuaria. D.G.E.T.A., S.E.P.- Trillas. México. 80 p.
- \_\_\_\_\_ 1985. Suelos y fertilización. Serie de manuales para educación agropecuaria. D.G.E.T.A., S.E.P. Trillas. México 80 p.
- Figueroa Cárdenas J. de D. 1982. Métodos para la evaluación de la calidad maltera en la cebada. SARH-INIA. Chapingo, México. 172 p. (inédito).
- Font Quer P. 1977. Diccionario de Botánica. Ed. LABOR, S.A. Barcelona, España.
- Frey K.J. 1959. Yield components in oats. IV. Effect of delayed application of Nitrogen. The Iowa Academy of Science. 66:137-142.
- García de Miranda E. 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana. 3a. ed. Ed. U.N.A.M. México.
- García-Pelayo y Gross R. 1977. Pequeño Larousse ilustrado Ed. LAROUSSE. México.
- Greulach A.V. y Adams E.J. 1980. Las plantas, introducción a la Botánica moderna. Ed. LIMUSA. México. 679 p.
- Guenkov Guenko. 1983. Fundamentos de la horticultura cubana. Ed. Pueblo y Educación. La Habana, Cuba.
- Guía para la Asistencia Técnica Agrícola. 1981. Area de influencia del Campo Agrícola Experimental Valle de México. SARH-INIA-CIAMEC-CAEVAMEX.
- Impulsora Agrícola, S.A. 1983a. El cultivo de la cebada maltera de riego.
- \_\_\_\_\_ 1983b. El cultivo de la cebada maltera de temporal.
- \_\_\_\_\_ 1983c. La calidad de la cebada maltera.
- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1983. Estadísticas históricas de México. Tomo I. p. 379.

- Instituto Nacional de Estadística Geografía e Informática. 1985. Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. p. 425.
- Klingman G.C. y Ashton F.M. 1984. Estudio de las plantas nocivas, principios y prácticas. Ed. LIMUSA, México. 449 p.
- Knapp W.R. and Knapp J.S. 1977. Interaction of planting date and fall fertilization on winter barley performance. *Agron.-J.* 72:440-444.
- Kohashi S.J. 1966. Comparison of yield components and agronomic characteristics of four winter wheat varieties differing in plant height. *Agron. J.* 58:438-441
- Langer R.H. y Hill G.D. 1982. Agricultural plants. Cambridge, University Press London. p. 47-298.
- Little M.T. y Hills J.F. 1984. Modelos estadísticos para la investigación en la agricultura. Ed. Trillas. México. 270 p.
- Medina Buitrón M. 1984. Principios generales sobre herbicidas. En XI Simposio Nacional de Parasitología Agrícola. Querétaro. México. p. 1-17.
- Methods of Analysis of the American Society of Brewing Chemists. 1958. Sixth Edition. American Society of Brewing Chemists. Madison, Wis. 209 p.
- Metzger D.D., Czaplewski S.J. and Rasmuson D.C. 1984. Grain-Filling duration and yield in Spring Barley. *Crop Sci.* 24:1101-1105
- Michaelson B.J., T.E. Loynachan, F.G. Wooding and G.A. Mitchell. 1982. Effects of N, P and K Fertilization on Barley Grown in Newly Cleared Subarctic Soil. *Agron. J.* 74:694-698.
- Miller Erston V. 1981. Fisiología vegetal. Ed. UTHEA. México.
- Molina Cano J.L. 1980. Mejora genética de la cebada. Primer Seminario sobre mejora vegetal. Universidad Politécnica de Barcelona, España.
- Mondragón Pedrero G. 1982. Determinación del período crítico de competencia entre la cebada (*Hordeum vulgare* L.) y las malezas. Tesis profesional. UACH. Chapingo, México.
- National Plant Food Institute. 1980. Manual de fertilizantes. 2a. Ed. Trad. Inglés. Ed. LIMUSA. México. 292 p.
- Ortiz Villanueva B. 1977. Fertilidad de suelos. UACH. Chapingo, México. 210 p.
- \_\_\_\_\_ y C.A. Ortiz Solorio. 1980. Edafología. 3a. Ed. UACH. Chapingo, México.

- Philip Grime J. 1982. Estrategias de adaptación de las plantas y procesos que controlan la vegetación. Ed. LIMUSA. México. 291 p.
- Poehlman J.M. 1981. Mejoramiento genético de las cosechas. 6a. Ed. (Trad. por D.N. Sánchez) Ed. LIMUSA, México.
- Ramírez Pérez F. 1982. Guía para cultivar cebada en el Bajío. SARH-INIA-CIAB. 25 p.
- Ramos Landey A. 1970. Combate de malezas con herbicidas en cebada de temporal en Chapingo, Méx. Tesis Profesional. UACH. Chapingo, México.
- Riojas Guadiana E. y E. Venegas González. 1982. El cultivo de cebada en el estado de Hidalgo. SARH-INIA-CIAMEC-CAEVAMEX. 9 p.
- Robles Sánchez R. 1978. Producción de granos y forrajes. 2a. Ed. LIMUSA México. p. 247-266.
- Rojas Garcidueñas M. 1984. Manual teórico-práctico de herbicidas y fitotorreguladores. 2a. Ed. LIMUSA. México. 144 p.
- SARH, INIA, CIAMEC, CAEVAMEX. 1981a. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el estado de Hidalgo. p. 30-33.
- \_\_\_\_\_. 1981b. Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el estado de México. p. 5-16.
- Teusher Henry y Adler Rudolph. 1980. El suelo y su fertilidad. Ed. CECSA. México.
- Thompson L.M. y Troeh F.R. 1980. Los suelos y su fertilidad. 4a. Ed. REVERTE S.A. Madrid, España.
- Thorne G.H. 1966. Physiological aspects of grains yield in cereals. In the growth of cereals and grasses. Ed. F.L. Mikchorpe y J.D. Ivins. London, Butterworths. p. 88-105.
- Tola C.J., Trujillo F.R. y Martínez G.A. 1975. Naturaleza del amacollamiento en cebada (*Hordeum vulgare* L.) Agrociencia 21:169-180.
- \_\_\_\_\_, \_\_\_\_\_ y \_\_\_\_\_. 1977. Competencia inter e intra-planta bajo diferentes densidades de siembra y dosis de fertilización nitrógenada en cebada (*Hordeum vulgare* L.) Agrociencia 28:31-46.
- Tornero C.M.A. 1976. Determinación de las dosis óptimas económicas de nitrógeno, fósforo y densidad de siembra para el cultivo de cebada (*Hordeum vulgare* L.) en la región Nororiental del Estado de México. Tesis profesional. Universidad de Guadalajara.
- Vavilov N.I. 1951. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. Chronica Botanica waltham, Mass. (Trad. por K.S. Chester).
- Zimdahl R.R. 1980. Weed - Crop competition. A review. IPPC/Oregon State University U.S.A. 195 p.

## VIII. A P E N D I C E

CUADRO 1A. CARACTERISTICAS FISICAS DE LA CEBADA Y LA MALTA DE LA VARIEDAD CENTINELA.\*\*\*

Parámetro de Calidad	Riego	Temporal
% Pérdida por limpieza*	1.8	2.8
% Granos desnudos	2.0	27.8
% Granos rotos	0.3	9.0
% Granos extraños	0.0	0.0
Peso de mil granos g BS	34.3	22.4
Peso volumétrico kg/hl	68.0	64.8
CLASIFICACION POR TAMANOS:		
% Grano > 2.8 mm	81	58
% Grano > 2.5 mm	15	28
% Grano > 2.2 mm	3	12
% Grano < 2.2 mm	1	2
<u>Indice de llenado**</u>	686	664
CRECIMIENTO DE PLUMULA:		
% Granos de (0)	0	0
% Granos de 0 - 1/4	0	2
% Granos de 1/4 - 1/2	1	3
% Granos de 1/2 - 3/4	11	16
% Granos de 3/4 - 1	87	88
% Granos < 1	1	1
<u>Indice de crecimiento</u>	97.25	96.00
% Recuperación maltera BS	90.2	89.8
CONSISTENCIA DEL ENDOSPERMO:		
% Granos harinosos	87	71
% Granos semivitreos	9	19
% Granos vitreos	4	10
<u>Indice de harinosidad</u>	95.75	90.25
% Humedad en malta	5.7	5.8

\* % Grano 2.0 mm

\*\* ILL = 7 (&gt;2.8mm) + 6.5 (&gt;2.5 mm) + 5.5 (&gt;2.2 mm) + 5 (&lt;2.2 mm)

\*\*\* Tomado de Figueroa, (1982).

CUADRO 2A. CARACTERISTICAS QUIMICAS TIPICAS DE LA MALTA DE LA VARIEDAD CENTINELA.\*

Parámetros de calidad	Riego	Temporal
% Extracto molienda fina BS	76.4	74.7
Diferencia de extractos MF - MG	2.3	2.9
Poder diastásico °L BS	137	191
Alfa amilasa U.D. 20°C BS	31	42
% Proteína total BS	12.5	15.2
% Proteína soluble BS	3.99	4.82
Relación proteica Sx100/T	31.9	31.7
MOSTO		
Tiempo de conversión mín.	8	5
Velocidad de filtración mín.	20	24
Color grados lovibond	1.216	1.375
Viscosidad absoluta c.p.s.	1.68	- -
Aspecto	LO	B

BS = Base seca  
 °L = Grados Lintner  
 U.D. = Unidades de dextrinificación  
 c.p.c.= Centipoises por segundo  
 B = Brillante  
 LO = Ligeramente opaco

\* Tomado de Figueroa, (1982)

## CUADRO 3A. NORMAS OFICIALES DE CALIDAD PARA LA RECEPCION DE CEBADA MALTERA.\*

GERMINACION MINIMA . . . . .	85.0%
PESO HECTOLITRICO . . sobre la muestra original libre de impurezas.	
Cebada de 6 hileras . . . . .	56 kg/hl
Cebada de 2 hileras . . . . .	58 kg/hl
HUMEDAD . . . . .	Entre 11.5 y 13.5%
Bonificaciones: 5 kg/ton a humedades menores del . . . . .	11.5%
Deducciones: 5 kg/ton a humedades mayores del . . . . .	13.5%
Fábricas con secadoras recibirán en camiones hasta con el 16.5% cobrando por el secado.	
GRANO DE TAMAÑO PARA USO MALTERO . . . . .	85.0%
(que no pase la criba de 5.5/64 x 3/4")	
Bonificaciones: 5 kg/ton por punto, de . . . . .	86 a 95%
y 10 kg/ton por punto, de . . . . .	96 a 100%
Deducciones: 5 kg/ton por punto, de . . . . .	84 a 75%
y 10 kg/ton por punto, de . . . . .	74 a 70%
GRANOS DESNUDOS Y/O QUEBRADOS, HASTA . . . . .	5.0%
Bonificaciones: 5 kg/ton por cada medio punto, de . . . . .	4.5 a 0.0%
Deducciones: 5 kg/ton por cada medio punto, de . . . . .	5.5 a 10%
IMPUREZAS . . . . .	2.0%
Bonificaciones: 5 kg/ton por cada medio punto, de . . . . .	1.5 a 0.0%
Deducciones: 5 kg/ton por cada medio punto, de . . . . .	2.5 a 6.0%
MEZCLA, HASTA . . . . .	10.0%
GRANO DAÑADO, HASTA . . . . .	10.0%
Residuos tóxicos: de conformidad con las tolerancias establecidas por la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.	

\* Tomado de I.A.S.A., (1983) y publicado en el Diario Oficial el 9 de Noviembre de 1982, con la Norma Oficial Mexicana NOM - FF - 43 - 1982.

CUADRO 4A. MILIMETROS DE LLUVIA CAPTADOS POR EL CULTIVO A LO LARGO DE SU CICLO, (PRIMAVERA-VERANO, 1985).

Mes	Día de la lectura	Días de desarrollo del cultivo	Lectura del pluviómetro (ml)	mm de lluvia	X mensual mm
Junio	4	0	0	0	90.7
	13	9	0	0	
	20	16	72	163.3	
	28	24	88	199.5	
Julio	4	30	0	0	76.5
	11	37	38	86.2	
	20	46	75	170.0	
	27	53	22	49.9	
Agosto	3	60	10	22.6	24.3
	10	67	33	74.8	
	18	75	0	0.0	
	24	81	0	0	
Septiembre	1	89	0	0	12.1
	8	96	16	36.3	
	15	103	0	0	
X Mensual					203.6 mm

$$* \text{ mm de lluvia} = \frac{\text{cm}^3 \text{ de agua captada}}{K} \times 100$$

donde K = r<sup>2</sup> del pluviómetro = 4.41

CUADRO 5A. % DE HUMEDAD PRESENTE EN EL SUELO DURANTE EL CICLO DE CULTIVO. (PRIMAVERA-VERANO, 1985).

Mes	Días de muestreo	Días de desarrollo del cultivo	Trat. con herbicida (%)*	Trat. sin herbicida (%)*	X (%)
Junio	4	0	12	13	12.5
	13	9	13	13	13
	20	16	29	29	29
	28	24	30	30	30
Julio	4	30	26	24	25
	11	37	26	25	25.5
	20	46	30	28	29
	27	53	27	26	26.5
Agosto	3	60	24	21	22.5
	10	67	20	19	19.5
	18	75	13	11	12
	24	81	10	8	8
Septiembre	1	89	6	5	5.5
	8	96	14	13	13.5
	15	103	9	7	8

\* % de humedad determinado en el Laboratorio de Fisiología Vegetal de la F.E.S.- Cuautitlán.

CUADRO 6A. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.		Signifi- cancia	C.V.
					0.05	0.01		
Repetición	3	2602917.6	867639.2	4.13	9.28	29.46	NS	19.0061
P G	1	94697.34	94697.34	0.45	10.13	34.12	NS	
Error a	3	630405.52	210235.17	0.87				
P CH	15	6868227.1	457881.8	1.90	1.78	2.25	*	
P G x P CH	15	2994639.3	199642.62	0.83	1.78	2.25	NS	
Error b	90	21685591.0	240951.01					
Total	127	34876477.9	1291721.3					

CUADRO 7A. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE RENDIMIENTO DE PAJA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.		Signifi- cancia	C.V.
					0.05	0.01		
Repetición	3	1160595.02	3868365	1.72	9.28	29.46	NS	18.3542
P G	1	1035917.52	1035917.52	0.46	10.13	34.12	NS	
Error a	3	6742078.96	2247359.6	2.51				
P CH	15	11880939.89	792062.6	0.89	1.78	2.25	NS	
P G x P CH	15	10031712.93	668780.8	0.75	1.78	2.25	NS	
Error b	90	80485668.18	894285.2					
Total	127	121781412.52	95890.8					

CUADRO 8A. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ALTURA DE PLANTA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.		Signifi- cancia	C.V.
					0.05	0.01		
Repetición	3	242.3978	80.799266	0.49	9.28	29.46	NS	6.3565
P G	1	12.1278	12.1278	0.07	10.13	34.12	NS	
Error a	3	493.6628	164.55426	3.93				
P CH	15	889.5697	59.304646	1.42	1.78	2.25		
P G x P CH	15	560.1697	37.344646	0.89	1.78	2.25	NS	
Error b	90	3765.444	41.838266					
Total	127	5063.372	46.955685					

CUADRO 9A. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE LONGITUD DE ESPIGA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.		Signifi- cancia	C.V.
					0.05	0.01		
Repetición	3	1.637875	.54595833	2.7	9.28	29.46	NS	6.0252
P G	1	0.204800	.294800	1.013	10.13	34.12	NS	
Error a	3	0.606375	.202125	1.43				
P CH	15	3.000600	.20004	1.42	1.78	2.25	NS	
P G x P CH	15	1.214600	.08097333	0.57	1.78	2.25	NS	
Error b	90	12.72215	.14135722					
Total	127	19.38640	.15264913					

CUADRO 10A. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE NUMERO DE GRANOS POR ESPIGA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.		Signifi- cancia	C.V.
					0.05	0.01		
Repetición	3	84.08125	28.027083	3.1	9.28	29.46	NS	9.8046
P G	1	383.6450	383.6450	42.45	10.13	34.12	**	
Error a	3	27.11250	9.0375	0.55				
P CH	15	106.1587	7.0772466	0.43	1.78	2.25	NS	
P G x P CH	15	470.9250	31.395	1.92	1.78	2.25	*	
Error b	90	1474.606	16.384511					
Total	127	2546.528	20.051401					

CUADRO 11A. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE ESPIGAS POR METRO CUADRADO

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.		Signifi- cancia	C.V.
					0.05	0.01		
Repetición	3	20305.77	6768.59	1.46	9.28	29.46	NS	18.1436
P G	1	154915.7	154915.7	33.58	10.13	34.12	*	
Error a	3	13839.71	4613.2366	0.88				
P CH	15	37639.36	2509.2906	0.48	1.78	2.25	NS	
P G x P CH	15	113331.9	7555.46	1.44	1.78	2.25	NS	
Error b	90	471350.3	5237.2255					
Total	127	811382.7	6388.8401					

CUADRO 12A. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PESO DE GRANO

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.		Signifi- cancia	C.V.
					0.05	0.01		
Repetición	3	0.417126	0.139042	4.21	9.28	29.46	NS	19.2305
P G	1	0.018697	0.018697	0.57	10.13	34.12	NS	
Error a	3	0.099014	0.03300465	0.87				
P CH	15	1.044371	0.6962473	1.85	1.78	2.25	*	
P G x P CH	15	0.468238	0.03121586	0.83	1.78	2.25	NS	
Error b	90	3.395464	0.03772737					
Total	127	5.442911	0.04285756					

CUADRO 13A. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE HUMEDAD DEL GRANO

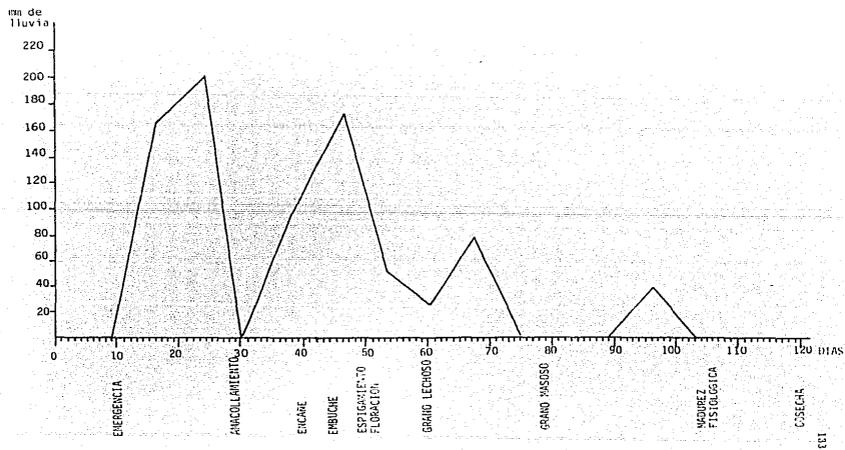
F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.		Signifi- cancia	C.V.
					0.05	0.01		
Repetición	3	1.715228	.57174266	12.48	9.28	29.46	*	4.7439
P G	1	2.431012	2.431012	53.08	10.13	34.12	**	
Error a	3	0.137406	.045802	0.21				
P CH	15	9.303622	.62024146	2.78	1.78	2.25	**	
P G x P CH	15	8.430787	.56205246	2.52	1.78	2.25	**	
Error b	90	20.05392	.22282133					
Total	127	42.07197	.33127535					

CUADRO 14A. ANALISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE PESO DE PAJA

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.		Signifi- cancia	C.V.
					0.05	0.01		
Repetición	3	1.859185	.61972833	1.79	9.28	29.46	NS	18.4006
P G	1	0.184984	.184984	0.53	10.13	34.12	NS	
Error a	3	1.038328	.34610933	2.52				
P CH	15	1.777075	.11847166	0.86	1.78	2.25	NS	
P G x P CH	15	1.528420	.10189466	0.74	1.78	2.25	NS	
Error b	90	12.36435	.13738166					
Total	127	18.75234	.14765622					

Si Ft 0.05 > FC < Ft 0.01 > \*  
 Si Ft 0.01 > FC > \*\*  
 Si FC > Ft 0.05 > NS

FIG. 1A. DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION A LO LARGO DEL CICLO DE CULTIVO



PP. mm

FIG. 2A. DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION A LO LARGO DE LOS AÑOS 1984 Y 1985. REPORTADOS POR LA ESTACION METEOROLOGICA DE TEZONTEPEC ESTADO DE HIDALGO

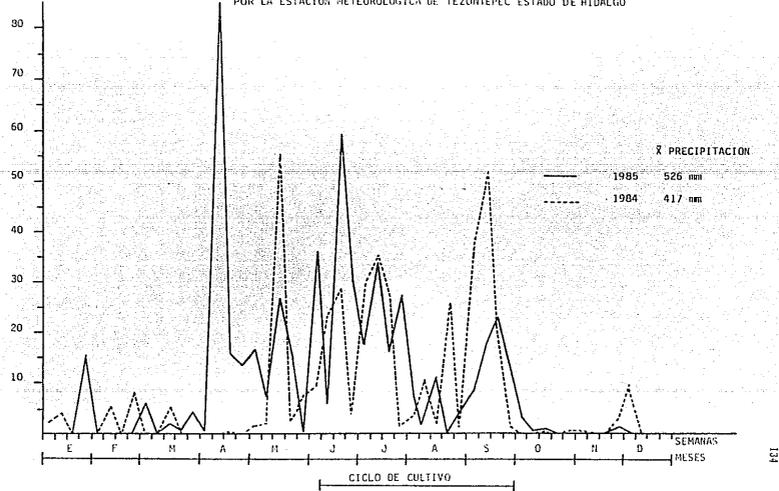
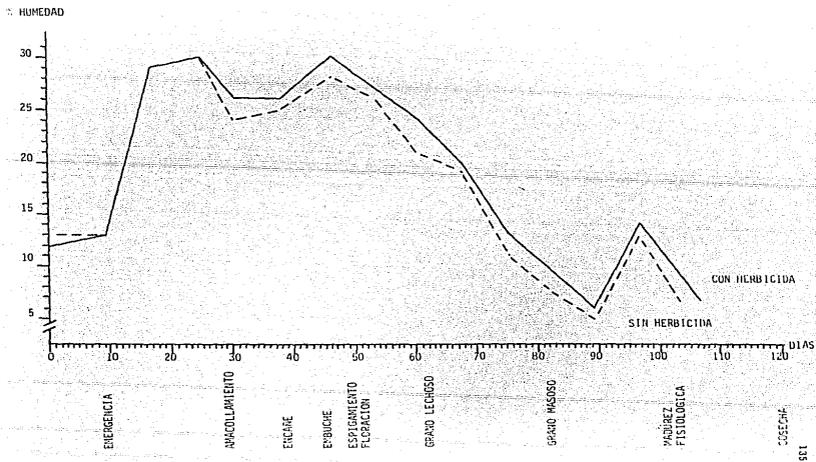


FIG. 3A. DISTRIBUCION DEL % DE HUMEDAD DEL SUELO DURANTE EL CICLO DE CULTIVO



## ANEXO No. 1 RESULTADO DEL MUESTREO DE MALEZAS

En el muestreo de malezas efectuado en 1984, estando el cultivo de cebada en pie, encontramos como malezas predominantes a las siguientes:

Quelite - *Chenopodium album* L.

Quelite bledo - *Amaranthus hybridus* L.

Nabo-mostaza - *Brassica campestris*

En menor proporción encontramos también:

Avena silvestre - *Avena fatua* L.

Achual o gigantón - *Sisya amplexicaulis* Car Pers.

Lechuguilla o borraja - *Sonchus oleraceus* L.

Perilla o perilla - *Lopezia mexicana* Jacq.

Agritos o jocoyoles - *Oxalis* sp.

Como se puede apreciar, a excepción de la avena silvestre, las demás malezas son de hoja ancha, por lo que el control químico debe enfocarse hacia éstas.

ANEXO 2. METODOLOGIA PARA DETERMINAR EL INDICE DE LLENADO Y LA PROTEINA TOTAL DEL GRANO DE CEBADA MALTERA\*

a) Índice de llenado del grano

Se utiliza en la predicción del porcentaje de extracto de molienda fina.

Clasificación del grano:

Grano lleno - Porcentaje de grano retenido en la criba

2.38 mm x 19.05 mm (5/64 x 3/4").

Grano mediano - Porcentaje de grano retenido en la criba

1.98 mm x 19.05 mm (5/64 x 3/4")

Grano delgado - Porcentaje de grano que pasa la criba

1.90 mm x 19.05 mm (5/64 x 3/4")

$$I LL = 6(A) + 5(B) + 4(C)$$

Donde I LL = Índice de llenado

A = % de grano retenido en la criba de 2.8 mm x 19.05 mm

B = % de grano retenido en la criba de 1.98 mm x 19.05 mm

C = % de grano que pasa en la criba de 1.98 mm x 19.05 mm

Los factores 6, 5, y 4 son los ponderantes.

El valor de índice de llenado puede variar de 400 mínimo a 600 máximo.

\* Tomado de: a) Figueroa, 1982.

b) Methods of Analysis of the American Society of Brewing Chemists. 1958

**Procedimiento:**

- a) Pesar 100 g de muestra (grano limpio).
- b) Se colocan las cribas en el siguiente orden, de arriba a abajo:  
Primero la  $6/64 \times 3/4"$ , posteriormente la  $5/64 \times 3/4"$  y por último la denominada ciega, que no tiene perforaciones.
- c) A las cribas se les dan 25 movimientos dobles y 1 golpe, se repite la operación.
- d) Se vacía el grano retenido en la criba  $6/64 \times 3/4"$  para pesarlo y el resultado se multiplica por el factor 6, obteniendo así el porcentaje de grano lleno.
- e) Pesamos el grano retenido en la criba  $5/64 \times 3/4"$ , multiplicamos por 5, para el porcentaje de grano mediano.
- f) Pesamos el grano que pasó de la criba  $5/64 \times 3/4"$  a la ciega, multiplicando por 4 para obtener el porcentaje de grano delgado.
- g) Por último al sumar los 3 porcentajes, obtenemos el índice de llenado.

**b) Proteína total**

Generalmente éste es el índice de calidad más importante para predecir la calidad de la malta.

Para su determinación se emplea el método Kjeldahl y en el cual los compuestos nitrogenados que se obtienen de la cebada, se oxidan con ácido sulfúrico obteniendo sulfato ácido de amonio.

La digestión se completa cuando la solución ácida de la muestra se vuelve básica con hidróxido de sodio, el cual libera el amonio que reacciona con el ácido y el exceso de éste es titulado con hidróxido de sodio.

Equipo:

- a) Aparato de destilación y digestión macro-Kjeldahl
- b) Agitador magnético y magnetos
- c) Matraces Kjeldahl de 500 ml
- d) Matraces Erlenmeyer de 300 ml
- e) Bureta de 50 ml
- f) Perlas de vidrio
- g) Soporte universal y pinza
- h) Probetas de 10 y 50 ml
- i) Guantes de asbesto
- j) Mascarilla contra el polvo

Reactivos:

- a) Acido sulfúrico 93-98% libre de nitrógeno
- b) Catalizador
- c) Granalla de zinc
- d) Solución de ácido clorhídrico 0.25 N con indicador rojo de metilo
- e) Solución hidróxido de sodio 0.1 N

## Procedimiento:

- a) Pesar por duplicado de 0.5 a 1 gr de muestra. Vaciar la muestra en un matraz Kjeldahl, incluyendo un testigo conocido y un blanco (sin muestra).
- b) Añadir a cada matraz 15 ó 20 ml de ácido sulfúrico concentrado y 3 a 5 gr de catalizador.
- c) Digerir la muestra en la hornilla, aproximadamente 40 minutos, hasta que la solución adquiera una coloración verde transparente.
- d) Dejar enfriar los matraces hasta que se puedan tocar con la mano, añadiendo entonces 250 ml de agua destilada. Volver a enfriar los matraces. Al terminar hasta el día siguiente teniendo cuidado de tapar perfectamente los matraces con tapones de hule negro.
- e) Preparar matraces Erlenmeyer de 300 ml añadir 5 ó 9 ml de ácido clorhídrico 0.25 N (según muestra) medidos con bureta (exactamente) y colocar debajo del tubo condensador teniendo cuidado de que la punta de éste penetre en la solución de ácido, agregar poca agua destilada para que cubra perfectamente la boca del tubo.
- f) Agregar al matraz Kjeldahl una pizca de granalla de zinc y además perlas de vidrio.
- g) Añadir 80 ml de hidróxido de sodio concentrado, tomando el matraz en forma inclinada para evitar la mezcla de la capa de ácido con la de la sosa y posible fuga de amoníaco. Conectar inmediatamente al sistema de destilación para activar la reacción y agitar verificando que el tapón del destilador quede perfectamente conectado y que el flujo de agua en el condensador sea correcto, encender las hornillas.

h) Dar por terminada la destilación al obtener en el matraz Erlenmeyer de 200 a 250 ml de destilado.

i) Titule el exceso de ácido clorhídrico, empleando una solución valorada de hidróxido de sodio 0.1 N el punto final a vire con una coloración amarilla.

Cálculos:

$$\% \text{ proteína BH} = \frac{0.014 \times 6.25 \times N (GB - GM) 100}{PM}$$

$$\% \text{ proteína BS} = \frac{\% \text{ prot. BH} \times 100}{100 - H}$$

Donde:

% prot. BH = Porcentaje de proteína base húmeda

0.014 = Miliequivalente de nitrógeno

6.25 = Factor de conversión de nitrógeno a proteína, en el cual de 100% de proteína 16% corresponde nitrógeno protéico.

N = Normalidad del hidróxido de sodio.

GB = Mililitros de hidróxido de sodio estandarizado gastados en titular el blanco.

GM = Mililitros de hidróxido de sodio estándar gastados en titular la muestra.

PM = Peso de la muestra.

% prot.(BS) = Porcentaje de proteína base seca

H = Porcentaje de humedad en la muestra

ANEXO No. 3. INDICE DE LLENADO Y % DE PROTEINA ENCONTRADOS EN EL GRANO DE CEBADA MALTERA VAR. "CERRO PRIETO". CICLO PRIMAVERA-VERANO DE 1984.\*

Indice de llenado:

ILL = 577

% Proteína total B.S.

= 13.6%

Nota: La muestra se formó con el grano cosechado del cultivo normal que se desarrolló durante el ciclo 1984, el cual, tuvo como características:

- a) Fertilización: 90 - 40 - 00 aplicado al momento de la siembra.
- b) Control de malezas: No se efectuó ningún tipo de control.

---

\* Resultados obtenidos en el Laboratorio de Cebada y Avena del CIAMEC.

Chapingo, Méx. (Enero de 1985).

ANEXO No. 4. RESULTADO DEL ANALISIS DE SUELOS EFECTUADO EN ENERO DE 1985.

a) Textura: Método simplificado del hidrómetro de Bouyoucos.

% Arenas	= 64	Clasificación: Migajón arcillo
% Limos	= 8.4	arenoso.
% Arcillas	= 27.6	

b) Densidad aparente: Método de la probeta en laboratorio.

D.A. = 1.1175 gr/cm<sup>3</sup>

c) Densidad real: Método del picnómetro.

D.R. = 2.175 gr/cm<sup>3</sup>

d) % espacios porosos = 51.8%

e) pH

1. Con agua destilada = 7.15

2. Con KCl = 6.7

f) Color:

1. En seco = 5 YR 5/2 Reddish gray

2. En húmedo = 5 YR 2.5/1 Black

g) % de materia orgánica: Método de Walkley y Black

% MO = 1.863 Clasificación = Pobre

h) % de nitrógeno: Método directo a partir de la MO.

% N = MO x .05 = 0.09315 Clasificación = Pobre

i) Capacidad de intercambio catiónico total: Por saturación

con acetato de amonio.

CICT = 31.8 me/100 gr de suelo. Clasificación = Medio.

j) Conductividad eléctrica: Medida con puente de conductividad.

CE = 0.2 milimohos/cm Clasificación = Normal

k) Fósforo aprovechable: Método de Olsen.

F.A. = 4.25 ppm. Clasificación = Extremadamente  
pobre.

l) Sodio y potasio intercambiables: Por saturación con acetato de amonio 1 N. pH 7 y cuantificación por flamometría.

Na = 36 ppm. Clasificación = Normal

K = 42 ppm. Clasificación = Pobre

m) Calcio y magnesio intercambiables: Por saturación con acetato de amonio y cuantificación por titulación con EDTA.

Ca = 15.1 me/100 gr de suelo.  
Clasificación = Extremadamente rico.

Mg = 9.45 me/100 gr de suelo.  
Clasificación = Extremadamente rico.

#### Observaciones:

- a) Lugar donde se recolectaron las muestras: Villa de Tezontepec, Municipio de Zapotlán Estado de Hidalgo.
- b) Profundidad del suelo: Presenta una profundidad constante de 30 cm, después de los cuales se encuentra tepetate.

Resultados obtenidos en el Laboratorio de Manejo y Fertilidad de Suelos de la FES-Cuautitlán, Enero de 1985.

ANEXO No. 5. COSTOS DE PRODUCCION (COMPARATIVOS) CICLO P-V 1985 Y  
ANALISIS ECONOMICO ENTRE LA TECNOLOGIA TRADICIONAL Y  
LA RECOMENDADA.

	TRADICIONAL	RECOMENDACION*
<b>SUMINISTROS</b>		
Semilla (100 kg/ha) -----	\$ 6,500.00	6,500.00
<b>Fertilizantes</b>		
80 - 40 - 00 -----	7,167.00	-----
40 - 30 - 00 -----	-----	3,820.25
<b>Herbicida (2,4-D Amina o Ester,</b>		
1 lt/ha) -----	-----	1,055.55
<b>SERVICIOS COMPRADOS</b>		
Barbecho -----	5,000.00	5,000.00
Rastreo -----	3,500.00	3,500.00
Siembra y fertilización -----	3,500.00	3,500.00
Segunda fertilización -----	-----	3,500.00
Aplicación de herbicida -----	-----	3,500.00
Cosecha (combinada) -----	8,000.00	7,500.00
Limpieza del grano -----	500.00	-----
Transporte del grano a la maltera	7,500.00	7,500.00
<b>IMPUESTOS Y CONTRIBUCIONES</b>		
Predial -----	300.00	300.00
	<b>\$41,967.00</b>	<b>\$45,675.00/ha</b>

\* Recomendación:

- Fertilización: Dosis 40-30 kg de N y P/ha
- Epoca de aplicación: 1/2 N P Siembra y 1/2 N Amacollamiento.
- Aplicación de herbicida: 1 lt/ha.

## ANALISIS ECONOMICO

Precio de garantía Noviembre de 1985 = \$ 53,300.00/ton.

Rendimientos:

a) Tradicional =  $\bar{X}$  1.5 ton/ha.

b) Con la recomendación =  $\bar{X}$  2.8 ton/ha\*

Utilidades:

Utilidad = Rendimiento (ton/ha) x Precio de garantía  
menos los costos de producción.

a) Tradicional = 1.5 ton/ha x \$53,300.00  
= \$ 79,950.00 - \$ 41,967.00  
= \$ 37,983.00/ha

menos las posibles deducciones

b) Con la recomendación:

= 2.8 ton/ha x \$ 53,300.00  
= \$ 149,240.00 - \$ 45,675.00  
= \$ 103,564.20/ha

más las posibles bonificaciones

---

\* Rendimiento comercial = Rendimiento experimental x 0.8

= 3.5 ton/ha x 0.8

= 2.8 ton/ha