



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA

DETERMINACION DE LAS DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS DE
NITROGENO, FOSFORO Y DENSIDAD DE SIEMBRA PARA EL
CULTIVO DE LA CEBADA (Hordeum vulgare, L) EN LA REGION
NOR-ORIENTAL DEL ESTADO DE MEXICO.

T E S I S

Que para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO

p r e s e n t a :

MARIO ALBERTO TORNERO C.

Guadalajara, Jal.

1976

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento sincero al Ing. y M.C. J. Isabel Cortés F., por su invaluable ayuda en la realización del presente trabajo.

Al Ing. y M.C. Benjamín V. Peña O. y al Dr. Roberto Núñez E., por la asesoría y sugerencias hechas, para el buen desarrollo de este trabajo.

A los Ings. y M.C. Raymundo Acosta S., Rafael Ortíz Monasterio y Bonifacio Zarazúa C., Director y Asesores de tesis.

A la Universidad de Guadalajara.

A la Escuela de Agricultura.

Al Centro de Investigaciones Agropecuarias, Santa Elena del Edo. de México y al Colegio de Postgraduados de la E.N.A., de cuyo programa de investigación se obtuvieron los datos de campo que contiene este trabajo.

A la Srta. Celia Ortíz C., por su ayuda en la mecanografía preliminar de este estudio.

DEDICATORIA

A mis padres María y Félix, por su confianza y apoyo durante toda mi vida.

A la memoria de mi abuelita Cande.

A Ma. Luisa con cariño.

A mis hermanos.

A mis compadres Salvador y Emilia

A mis tías

A mis amigos

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INDICE DE CUADROS.....	I
INDICE DE FIGURAS.....	II
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE BIBLIOGRAFIA.....	4
1. Generalidades sobre la Cebada.....	4
1.1 Descripción Botánica.....	6
1.2 Características Agronómicas.....	8
1.3 Aprovechamiento.....	11
2. Experimentos Previos de Fertilización sobre Cebada en México.....	15
3. Conclusiones de Revisión Bibliográfica.....	20
III. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS.....	22
IV. MATERIALES Y METODOS.....	24
1. Generalidades sobre la Zona.....	24
1.1 Clima.....	24
1.2 Fisiografía.....	26
1.3 Hidrología.....	27
1.4 Vegetación.....	27
1.5 Suelos.....	28
2. Metodología para Probar las Hipótesis.....	29
3. Metodología de los Ensayos de Productividad.....	36
4. Conducción de los Experimentos.....	38
4.1 Preparación del Terreno.....	38
4.2 Siembra.....	38
4.3 Control de Malas Hierbas.....	38
4.4 Plagas y Enfermedades.....	40
4.5 Observaciones Experimentales.....	40
4.6 Fenómenos Meteorológicos.....	40
4.7 Cosecha.....	41
5. Análisis de los Datos de Cosecha.....	41
5.1 Cálculo del Rendimiento en Kg/ha.....	41
5.2 Análisis de Varianza.....	41
5.3 Análisis de Regresión.....	42
5.4 Análisis Económico.....	42
5.5 Análisis Gráfico.....	44

	Pág.
V. RESULTADOS Y DISCUSION.....	46
1. Respuesta a los Factores Estudiados en Base al ANO VA.....	46
1.1 Respuesta a N.....	51
1.2 Respuesta a P ₂ O ₅	52
1.3 Respuesta a D.S.....	52
2. Comportamiento Variedad Celaya.....	54
3. Efecto del Momento de la Aplicación del N.....	54
4. Análisis de Regresión.....	56
5. Análisis Económico.....	59
VI. RECOMENDACIONES DE PRODUCCION.....	67
VII. CONCLUSIONES.....	68
VIII. RESUMEN.....	69
IX. BIBLIOGRAFIA.....	72

INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
✓ 1	Proceso industrial, usos y productos derivados de la cebada.....	12
✓ 2	Rendimiento de grano de cebada en Kg/ha, cuando se probó el efecto del momento de aplicación del N y la aplicación de 10 Ton de gallinaza en 1972 y 1973.....	21
✓ 3 y 4	Tratamientos probados en los ensayos ubicados en - suelos profundos y suelos someros.....	34 y 35
✓ 5	Algunas características de los análisis físicos y químicos, de las muestras de suelo en cada sitio experimental.....	39
6	Resultados del análisis de varianza del rendimiento de grano de cebada en Kg/ha.....	47
7 y 8	Resultados del rendimiento de grano de cebada en Kg/ha para cada tratamiento estudiado en los dos sistemas de producción.....	49 y 50
9	Resultados obtenidos al probar el efecto del momento de aplicación del N en 1974.....	55
10	Resultados del análisis de varianza de la regresión para la variable rendimiento de grano.....	57
✓ 11	Algunas características de los ensayos de productividad en cebada conducidos en 1974.....	71

INDICE DE FIGURAS

Figura		Pág.
1	Localización de lossitios experimentales en la zona de estudios.....	30
2a y 2b	Matriz Plan Puebla I usada para generar los tratamien- tos estudiados, en los dos diferentes sistemas de pro- ducción.....	32 y 33
3	Diseño de tratamientos usado en los experimentos de cebada.....	37
4a, 4b, 4c y 4d	Gráficas que muestran la respuesta a los factores pro- bados, así como las D.O.E. encontradas para cada sitio experimental estudiado.....	61, 62, 64 y 65

I. INTRODUCCION

La producción mundial de cebada en 1971 fue de 152 millones de Ton., la cual hace a este cultivo el cuarto cereal más importante después del trigo, arroz, y maíz.

En la actualidad debido a la gran demanda de alimentos a nivel mundial que ahora se abate a causa del aumento desproporcional de la población con respecto a la producción de alimentos, los fitomejoradores están trabajando con cebada para encontrar nuevas variedades desnudas, que sean rendidoras, de mayor calidad de grano que las actuales, resistentes a plagas y enfermedades y que respondan a las técnicas modernas de cultivo (CIMMYT, 1974).

En el mundo la cebada es consumida por alrededor de 200 millones de personas desfavorecidas en Europa del Norte y Europa Oriental, la región del Mediterráneo y el Cercano Oriente, India y los Países Andinos de Sudamérica, sin embargo sólo el 10% de la producción total se destina para consumo humano directo - - (CIMMYT, 1974). La mayor parte de la cebada se siembra en zonas templadas de Europa y Norteamérica para malteo industrial y elaboración de alimentos para el ganado.

La cebada es un cultivo importante en áreas de temporal debido a que crece mejor que cualquier otro cereal en las regiones tropicales, mesetas y Valles Altos donde la precipitación y las temperaturas son bajas, o en áreas de baja precipitación de las zonas templadas, donde la cebada es más tolerante a la sequía que el -

maíz o el trigo. Además es tolerante a los pH alcalinos y a las heladas (Poehlman, 1973). El corto ciclo de crecimiento de la cebada a menudo la capacita para escapar de la sequía que destruiría a los cultivos mencionados anteriormente.

En México (INIA, 1973) el rendimiento de este cultivo es muy variable puesto que se siembra bajo condiciones de temporal y queda sujeto a la cantidad, frecuencia y oportunidad de las lluvias. La región conocida como los Valles Altos que abarcan los Estados de Tlaxcala, Hidalgo, México y Puebla son las zonas cebaderas más importantes del país.

Actualmente en la región Nor-oriental del Estado de México, la cebada se cultiva más para forraje que para grano y se le considera como un cultivo alternativo; ésto es, sólo se siembra cuando la época de lluvias se retrasa a tal grado que sembrar los cultivos tradicionales como el maíz o frijol, que son de ciclo más largo que el de la cebada, resulta demasiado riesgoso por la alta probabilidad de daño por helada antes de que alcance la madurez fisiológica (Núñez, E.R. y R.S. Acosta, 1972).

En virtud de la importancia que ha ido cobrando en los últimos años la cebada, en el panorama nacional y mundial y dado que para la región Nor-oriental del Estado de México no existe una recomendación específica y precisa de producción de cultivos, se motivó el presente trabajo, el cual consiste en la instalación de cuatro ensayos factoriales de productividad en cebada, en los cuales se manejan como variables; las aplicaciones de fertilizantes nitrogenado, fosforado y densidad de siembra.

El objetivo es generar recomendaciones óptimas económicas de producción para el cultivo de la cebada, bajo dos diferentes condiciones de producción.

a) Suelos someros con pendiente y b) Suelos profundos planos en la -
región Nor-Oriental del Estado de México.

La estrategia del presente trabajo es determinar las funciones de respuesta de los fertilizantes nitrogenados, fosfóricos, densidad de siembra y manejo de suelos.

II. REVISION DE BIBLIOGRAFIA

1. Generalidades sobre la Cebada.

La cebada es el cereal más antiguo cultivado en todo el mundo. En los libros sagrados chinos se confirma que fue conocido 20 siglos antes de la era cristiana. La cebada común fué el primero de los cereales cultivados en el Valle del Nilo y la base de la agricultura egipcia. (Parodi citado por Riojas, 1966).

Vavilov (Citado por Poehlman, 1973) ha descrito dos centros de origen de la cebada. De Etiopía y Africa del Norte, proceden muchas de las variedades cubiertas con barbas largas, mientras que de China, Japón y el Tibet proceden muchas de las variedades desnudas, barbas cortas y los tipos con granos cubiertos por caperuzas.

La cebada también es el cereal de más amplia adaptación. Desarrolla también en todos los climas, inclusive los muy fríos como Escandinavia, Rusia y en los muy calientes como Africa del Norte.

El cultivo de la cebada en México se inició después de la conquista, habiéndose sembrado primeramente en la región de los Valles Altos con resultados favorables (INIA, 1973). El desarrollo de cebadas malteras en nuestro país comenzó al establecerse la primera fábrica de malta en la Ciudad de México, en el año de 1906. Se permitió de esta manera la importación de cebadas malteras libres de rechos, con el compromiso de sembrar en México cebadas apropiadas para tal industria.

tria. Las primeras siembras de cebada maltera fueron hechas con semillas de Moravia y Hungría (Valdivieso, 1948).

En virtud de que la cebada es la materia prima principal para la elaboración de la cerveza, el incremento en la superficie de este cereal aumentó notablemente. En últimas fechas la industria forrajera utiliza la cebada también en la preparación de concentrados para la engorda de ganado en Baja California. Hasta hace poco tiempo estos dos tipos de industrialización eran las únicas formas de aprovechar el cultivo de la cebada.

En México el cultivo de la cebada tiene limitaciones sociales y económicas. En la zona de estudio (Región Nor-oriental del Estado de México) el agricultor no acepta aún la cebada como un cultivo remunerativo, sino como un medio de obtener algún producto de su tierra al retrasarse las lluvias o bien que por otras causas no haya podido sembrar a tiempo el maíz y/o frijol.

La cebada se siembra también porque se adapta bien a las condiciones del suelo de la zona, en donde predominan suelos de lomerío, delgados, con pendiente, en donde el maíz y el frijol tendrían mayores restricciones ecológicas. Otra causa de la siembra de la cebada es cuando el agricultor no cuenta con los medios económicos necesarios para sembrar sus granos básicos, de esta forma opta por cebada debido a que los costos del cultivo son más bajos que el de los granos anteriores (maíz y frijol).

El Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA) ha logrado obtener variedades rendidoras y de buena calidad en el grano, con el objeto de satisfacer las necesidades tanto del agricultor como de las industrias de malta y cerveza. Se han obtenido variedades como la Toluca I, Promesa, Provenir, Apizaco, Apan, - Celaya y la Puebla que por su carácter genético de alto rendimiento contribuyen a satisfacer la demanda que el mercado tiene sobre dicho cereal. En la actualidad - la industria maltera consume anualmente alrededor de 300,000 Ton. La producción anual (Núñez, 1973) es de 200,000 Ton lo que significa un déficit de 100,000 Ton. que obliga a aumentar tanto las áreas cultivadas como la producción en sí para satisfacer dichos requerimientos.

Las cebadas se clasifican en dos grupos: El manchuriano que tiene espigas de seis hileras, barbadas, hábito de primavera, grano de tamaño medio, precocidad media, espigas normales e inclinadas, susceptibles al desgrane en climas secos de buena calidad maltera.

El otro grupo es el costero de seis hileras, barbadas, con hábitos de primavera, grano largo, precoces y soportan altas temperaturas durante su desarrollo, - las espigas son cortas o medias, rectas o semi-rectas y no se desgranar al madurar. (Riojas, 1966).

1.1 Descripción Botánica.

La cebada es una planta de la familia de las gramíneas y pertenece al grupo *Hordeum*, al que corresponde cerca de 25 especies (Poehlman, 1973) distribui

das por todas las regiones cebaderas del mundo.

La cebada es una planta herbácea, de hojas estrechas de color verde claro u oscuro; la lígula es corta y truncada; la aurícula abraza el tallo completamente en forma de abanico, en dos planos marginarios y paralelo, que lo hace diferente de otros cereales cuando la planta es pequeña.

Su sistema radicular es fibroso y superficial, apenas alcanza 25 cm y en raras ocasiones logra pasar un metro. El tallo, adquiere su carácter como tal al comienzo del encañado, sin embargo presenta brotes axilares, de donde se originarán los tallos hijos llamado también amacollamiento. (Prats, J. y M. Clément-Grandcourt, 1969).

El grano se produce en espigas o panículas en la parte alta de los tallos, cuya altura varía entre 0.50 y 1.20 m dependiendo del tipo o variedad y de las condiciones de crecimiento.

Las espigas están formadas por espiguillas, cada una contiene una flor, estando reunidas en número de tres sobre cada diente del raquis o eje principal, en donde las espiguillas están sujetas a los nudos del raquis y se localizan sobre lados alternados del mismo en forma de zig-zag.

La espiguilla está compuesta por partes florales masculinas y femeninas insertadas entre la lema y la palea, la raquilla está sujeta en la base germinal del grano y descansa del lado de la palea. La lema termina en la barba de la espiga en las variedades barbonas, pero en las variedades desnudas tiene tres pequeñas pro

tuberancias en forma de apéndice en lugar de barbas. (Matz, 1972).

El pistilo tiene un estigma con dos ramificaciones plumosas. En los filamentos largos y finos se forman tres anteras. La floración empieza en las florecillas del centro de la parte superior de la espiga, y continúa tanto hacia abajo como hacia arriba de la espiga. Al aproximarse la antesis los lodículos de la base del ovario se hinchan, la flor se abre y los filamentos se alargan. Las anteras se abren a medida que emergen de la flor, desparramando su polen sobre el estigma. (Poehlman, 1973).

En la mayoría de las variedades de cebada, la cáscara está pegada al cariopsis, recubre y forma parte integral del grano siendo además libre como en el caso del maíz. El tamaño, forma y color del grano varía grandemente, dependiendo del tipo y variedad, pero frecuentemente está angulado ligeramente en la parte central, su tamaño es regular y de forma ovoide (INIA, 1973).

1.2 Características Agronómicas.

La cebada al igual que cualquier cultivo tiene sus propias características desde el punto de vista agronómico, que lo convierten en un cultivo económicamente remunerativo cuando se cultiva adecuadamente.

Entre sus características más importantes están:

Rendimiento, altura de planta, resistencia de la paja, calidad del grano, ciclo vegetativo y resistencia a enfermedades, cada una de ellas las trataremos a con

tinuación por separado.

Rendimiento. El rendimiento de grano tiene gran importancia ya que determina las ganancias del productor de cebada. En el rendimiento influyen y determinan la producción dos tipos de factores:

a) Factores controlables como son las dosis de fertilización, densidad y fecha de siembra, además de la capacidad de rendimiento de los genotipos utilizados que se expresa a través de comportamientos físicos como son: amacollamiento, longitud y densidad de la espiga, número de granos por espiguilla y el tamaño del grano.

b) Factores incontrolables es decir aquellos que están fuera del control del hombre tales como la lluvia, el granizo, las heladas, vientos, temperatura, morfología del suelo y otros pero que se conjugan y favorecen o limitan la producción del cultivo.

En México los rendimientos por unidad de superficie bajo condiciones de temporal varía de 1.5 a 2.0 Ton/ha sin embargo, a nivel experimental se han obtenido hasta 3.2 Ton/ha (INIA, 1962).

Altura de la planta. La altura de la planta es en gran parte un carácter genético de la variedad que se siembra, pero influyen en forma decisiva el clima y fertilidad del suelo en el sitio donde crece el cultivo.

Esta característica es importante ya que determina la producción de paja que se puede utilizar para alimento de ganado, siendo muy común esta práctica en las zonas cebaderas del país.

Resistencia de la paja. El vigor de la paja y su resistencia al desgrane son aspectos importantes en el cultivo de la cebada. Dependiendo de las zonas donde se cultive puede estar afectada por la fertilización, lluvias, granizo, vientos y densidad de siembra ocasionando acame que hace difícil la recolección con cosechadora mecánica. Esto es debido principalmente a que la máquina no puede recoger los tallos y espigas tendidas sobre el suelo trayendo como consecuencia un aumento considerable en el costo de producción al tener que recoger el grano a mano o bien dejando en el campo las espigas y grano caído. Asimismo es conveniente utilizar variedades de cebada, que resistan los factores que pueden ocasionar el despreñamiento del grano antes de la cosecha y al mismo tiempo que no le retengan tan fuertemente que haga difícil la separación de la paja durante la trilla.

Calidad del grano. La calidad del grano está relacionada directamente con el aprovechamiento para el cual fue planeada la producción de cebada. El precio de ésta también depende de la calidad del grano, por lo que el agricultor prefiere sembrar variedades malteras que le proporcionen un mayor ingreso (Valdivieso, 1948).

Ciclo vegetativo. El ciclo vegetativo de la cebada es parecido al del trigo, aunque difiere un poco dependiendo de la variedad de que se trate y el pe-

río en que se siembre, así se tienen variedades que se siembran en invierno y en verano. En nuestro país en la región del Bajío se siembra en invierno bajo condiciones de riego y en la región de los llamados Valles Altos, se siembra en verano y en condiciones de temporal. Así puede haber variedades en las que su ciclo vegetativo varíe de 105 a 120 días. Las cebadas de hábito de invierno necesitan temperaturas bajas pero superiores a 0°C para crecer. Las variedades de verano necesitan -- temperatura y luz suficiente para su desarrollo y floración adecuada. (Riojas, 1966).

Resistencia a enfermedades. La cebada está sujeta al ataque de un gran número de enfermedades. Algunas de ellas son sumamente destructivas en grandes - áreas y otras son irregulares en su aparición; sin embargo el daño puede ser severo - en algunos años y para algunos lugares. En la mayor parte de las zonas de producción se dispone de variedades comerciales resistentes a una o más enfermedades.

Se ha logrado combatir enfermedades tales como los carbonos (Ustilago spp), la mancha moteada (Helminthosporium spp), royas (Puccinia spp), etc. Utilizando las variedades resistentes para cada caso. (Poehlman, 1973).

1.3 Aprovechamiento.

El aprovechamiento de la cebada en la actualidad es variado, puede ser utilizado para alimento de aves y ganado, exportación, perlación, molienda, malta, en la industria cervecera o en la fabricación de harinas para consumo humano (variedades desnudas). En el Cuadro (1) se muestra los diferentes procesos, usos y productos de cebada.

Cuadro 1. La cebada y sus derivados (Shands y Dickson, 1953).

Alimentación:	Ganado Aves	
Exportación:	Alimentación Preparación de malta	
Perlación:	Cebada cocida sopa Cebada perlada, salsas, aliños Harina Alimentación	
	Harina Sémolas Alimento para el ganado estabulado	Alimentación para bebé Alimentos especiales
Cervecería	Bebidas Granos de cerveza Levadura de cerveza	Alimentos para el ganado estabulado Alimentación humana y animal Productos químicamente refinados
Preparación de malta	Alcohol, aguardiente Granos de destilería	Alimento para el ganado y las aves
Destilería	Solubles de destilería	

Cuadro 1. (Continuación).

	Maltas especiales	Muy secas Dextrina Caramelo Negra	Cereales para el desayuno Elaboración de azúcares Cervezas oscuras Sucedáneo de café
	Exportación		
	Harina de malta	Suplemento para harina de trigo Productos alimenticios para el hombre y los animales	
Preparación de malta	Concentrados de leche malteada	Leche malteada Bebidas de leche malteada Alimentos para niños	
	Jarabes de malta	Medicinal Textil Cocción Cereales para el desayuno Dulces	
	Plúmulas o brotes de malta	Alimentos para el ganado Vinagre Fermentación industrial	

En México el cultivo de la cebada tiene importancia como planta forrajera, pues se utiliza como pastura en verde y en grano; pero la producción para la industria cervecera y maltera predominan y se ha llegado a exigir que el grano reúna las siguientes características para ser aprovechada en tal industria:

1. Que el grano esté maduro y bien desarrollado, lleno y de un grosor no menor de 2.2 mm.
2. Granos perfectamente secos, y sin mal olor.
3. Un color amarillo uniforme, el cual indica que la madurez ha sido completa y que la cosecha y secado han sido bien logrados.
4. No tener impureza alguna.
5. Tener la cáscara fina y poco arrugada.
6. Que tenga fractura harinosa y nunca vítrea.
7. Tamaño uniforme, con el fin de que después de las operaciones requeridas, la hinchazón de todos los granos se haga con la misma rapidez.
8. De germinación rápida completa, (el 85% de las semillas deben estar germinadas al cabo de tres días a una temperatura de 15 a 18°C).
9. Que la riqueza en almidón sea muy elevada (61 a 70%).
10. Que el contenido máximo de materias nitrogenadas no exceda a un

10%, ya que estas sustancias enturbian la cerveza; favoreciendo las fermentaciones secundarias.

Tanto las prácticas culturales como las condiciones del clima donde se cultiva la cebada tiene influencia sobre las propiedades mencionadas. También tiene importancia la variedad de que se trate y aquellas no adaptadas o susceptibles a las enfermedades ya que no producen granos de alta calidad.

En algunos países latinoamericanos suelen sembrar también la cebada. En los países fríos ésta se cultiva para la alimentación del hombre y del ganado - además de utilizarse para la fabricación de cerveza.

2. Experimentos Previos de Fertilización sobre Cebada en México.

Villarreal, G. (1959) condujo un experimento con cebada en la región del Bajío, bajo condiciones de riego. Las variables que manejó fueron:

- a) Fertilización nitrogenada
- b) Densidad de siembra

Los niveles para nitrógeno variaron de 0 a 100 Kg/ha a espacios de 20 Kg, el fósforo lo mantuvo constante con 40 Kg/ha y la densidad de siembra varió de 40 a 100 Kg/ha a espacios de 15 Kg. El autor encontró lo siguiente:

El rendimiento de grano por unidad de superficie fue mayor con un nivel bajo de densidad de siembra (55 Kg de semilla/ha). La mayor respuesta a nitrógeno se obtuvo con el nivel alto estudiado, por lo que no pudo determinarse la dosis óptima económica.

En 1969 y 1970 el Departamento de Suelos del CIAMEC dependiente del INIA llevó a cabo seis experimentos con cebada bajo condiciones de temporal en di

ferentes suelos del Estado de Tlaxcala, los factores estudiados fueron:

Respuesta a la aplicación de fertilizantes nitrogenados, fosfóricos y potásicos. Los niveles estudiados fueron:

Para nitrógeno 0, 30, 60, 90 y 120 Kg/ha, para fósforo 0, 30, 60 y 90 Kg de P_2O_5 /ha y 0-60 Kg de K_2O /ha para potasio. Los investigadores utilizaron el diseño de bloques al azar de Fisher y encontraron un aumento considerable de rendimiento cuando pasaron de 30 a 60 Kg de nitrógeno/ha. Para fósforo en cinco de los seis sitios fue altamente significativo el incremento de rendimiento con la aplicación de 30 Kg de P_2O_5 /ha; en cuanto a la aplicación de potasio en ninguno de los seis experimentos se observó incremento significativo en el rendimiento.

Villalpando, F. (1972) estableció cuatro experimentos sobre fertilización de cebada de temporal en los Estados de Hidalgo, Tlaxcala y Puebla.

Los factores que estudió fueron:

- a) Fertilización nitrogenada
- b) Fertilización fosfórica
- c) Fertilización potásica

Los niveles estudiados variaron de 0 a 150 Kg de nitrógeno/ha a intervalos de 50 Kg, el fósforo de 0 a 120 Kg de P_2O_5 /ha con intervalos de 40 Kg, y el potasio de 0 a 120 Kg de K_2O /ha con intervalos de 40 Kg. La semilla sembrada fue la variedad Apizaco con una densidad de siembra de 100 Kg/ha en todos los casos. La matriz experimental utilizada fue la San Cristóbal y el diseño experimental el de bloques al azar. El investigador encontró:

a) En todos los ensayos hubo un aumento significativo de los rendimientos con la aplicación del fertilizante nitrogenado. La respuesta varió según el sitio desde 50 hasta 130 Kg/ha.

b) La respuesta a fósforo tuvo efecto significativo sólo en dos de los lotes a niveles de 40 y 65 Kg de P_2O_5 /ha.

c) El potasio resultó significativo en tres de los sitios a niveles de 30, 50 y 60 Kg de K_2O /ha.

Aveldaño, R. (1974) llevó a cabo tres experimentos de cebada en el Estado de Tlaxcala bajo condiciones de temporal; las variables que estudió fueron:

Diferentes niveles de nitrógeno, fósforo y densidad de siembra. El nitrógeno varió de 25, 50, 75 y 100 Kg/ha, el fósforo de 0, 20, 40 y 60 Kg de P_2O_5 /ha y la densidad de siembra de 60, 80, 100 y 120 Kg de semilla/ha. La semilla sembrada fue la variedad Puebla y el diseño de tratamiento utilizado fue la Plan Puebla I. El investigador encontró una clara respuesta en los tres sitios a la aplicación de nitrógeno variando el óptimo de 50 a 100 Kg/ha. El fósforo tuvo respuesta a 40 Kg de P_2O_5 /ha en dos de los sitios sin tenerla en el sitio restante. Para densidad de siembra se tuvo respuesta en los tres sitios, donde el óptimo varió de 80 a 100 Kg/ha. Solamente uno de los sitios varió en cuanto a su respuesta a los factores estudiados, para nitrógeno sólo respondió a 50 Kg/ha, para fósforo no tuvo respuesta y a densidad respondió a 80 Kg de semilla. Cabe mencionar que en este año los rendimientos obtenidos fueron relativamente bajos ya que fueron afectados -

por las heladas que cayeron en el mes de septiembre.

Núñez, R. y R. Acosta (1972) establecieron tres experimentos de campo con cebada bajo condiciones de temporal en la zona Nor-oriental del Valle de México (zona de influencia de Chapingo), las variables que utilizaron fueron:

- a) Fertilización nitrogenada
- b) Fertilización fosfórica
- c) Densidad de siembra
- d) Momento de aplicación del nitrógeno
- e) Aplicación de gallinaza

Los autores concluyeron:

1) Donde los suelos son más profundos y la precipitación mayor, la respuesta a nitrógeno fue hasta 90 Kg/ha, en cambio en los suelos más delgados y - con una cantidad de lluvia menos favorable sólo fue significativa a 30 y 60 Kg/ha.

2) La respuesta a fósforo estuvo condicionada a la disponibilidad de nitrógeno y al nivel natural de fósforo aprovechable en el suelo de cada sitio. Bajo ausencia de nitrógeno y aplicación de 30 Kg de P_2O_5 tendió a una disminución no significativa en los rendimientos, pero cuando se aplicaron 60 Kg de nitrógeno/ha hubo respuesta significativa a la fertilización fosfatada.

3) En los tres sitios la respuesta resultó ser de 90 Kg de semilla/ha.

4) Solamente en un sitio resultó significativo estadísticamente la aplicación fraccionada del nitrógeno, aplicando la mitad en la siembra y la otra mitad a los 30 días después de ella, pero está ligado con la distribución de la precipitación.

5) En ninguno de los sitios se observó efecto a la aplicación de 10 Ton de gallinaza/ha.

En 1973 Núñez, R. condujo cuatro experimentos de campo con cebada bajo condiciones de temporal en la zona Nor-oriental del Valle de México, donde se diferenciaron dos sistemas de producción. Son extensiones de terreno que guardan similitud en cuanto a posición fisiográfica, tipo de suelo, profundidad del estrato endurecido, clima y manejo. De esta forma quedaron divididos en dos: suelos profundos planos y suelos someros de laderas. Las variables que estudió fueron:

- 1) Diferentes niveles de fertilización nitrogenada y fosfórica
- 2) Densidad de semilla
- 3) Oportunidad de la aplicación del fertilizante nitrogenado y
- 4) Aplicación de gallinaza con fertilizante químico. Núñez, R. concluye lo siguiente:

En los suelos someros la respuesta a la aplicación de nitrógeno fue significativa hasta 90 Kg/ha y en los suelos profundos y planos la respuesta fue a sólo 30 Kg/ha lo contrario ocurrió con las aplicaciones de fósforo; la respuesta fue mayor en los suelos profundos y planos. En los cuatro casos se encontró que 80 Kg/ha de semilla era la densidad óptima de siembra. En cuanto a la oportunidad de aplicación

ción del nitrógeno se obtuvo mayor respuesta cuando la aplicación fue fraccionada y no se detectó respuesta significativa a las aplicaciones de gallinaza, con complemento a 60 Kg de N y de P_2O_5 /ha.

A continuación se presenta el Cuadro (2) donde aparecen los rendimientos de los sitios estudiados durante 1972 y 1973 cuando se aplicó el nitrógeno fraccionado y la aplicación de gallinaza.

3. Conclusiones de la Revisión Bibliográfica.

En base a la revisión bibliográfica se puede concluir lo siguiente:

1. La cebada puede ser una alternativa para la producción de alimentos en áreas con ecología y/o economía restrictiva.
2. Por las necesidades actuales de este grano y su bajo costo de producción se puede convertir en un cultivo remunerativo para el agricultor.
3. El aprovechamiento de este cultivo es muy variado y de gran importancia en la industria de la alimentación humana, animal y en la industria cervecera.
4. La cebada en condiciones de temporal responde económicamente por regla general a las aplicaciones de nitrógeno, fósforo y a la densidad de siembra.

Cuadro 2. Efecto del momento de aplicación de 60 Kg/ha de nitrógeno sobre el rendimiento de cebada. Aplicación uniforme de 60 Kg de P_2O_5 y 90 Kg de semilla/ha.

Sitio	Año	Rendimiento de grano en Kg/ha		
		Fraccionado*	Siembra	30 días de edad
Papalotla	1972	2369	2272	1441
Totolcingo	1972	1819	2256	1909
Xaltepa	1972	2650	2216	2572
Tepetlaoxtoc	1973	2511	1067	1326
Papalotla	1973	2913	2800	3003
Jolalpa	1973	2538	1999	1928
San Juan	1973	1490	2001	1078
D.M.S. =	\bar{X}	2327	2087	1894

* El fraccionamiento fue como sigue: la mitad del N se aplicó a la siembra y la segunda mitad a los 30 días después de la nacencia. Con todo el P_2O_5 en la siembra.

Rendimiento de cebada Kg/ha bajo los tratamientos 60-60-0 y 60-60-0 + 10 Ton de gallinaza.

Sitio	Año	Tratamientos	
		Sin gallinaza	Con gallinaza
Papalotla	1972	2369	2416
Totolcingo	1972	1819	2090
Xaltepa	1972	2650	2125
Tepetlaoxtoc	1973	2511	2270
Papalotla	1973	2913	3198
Jolalpa	1973	2538	1490
San Juan	1973	1490	1884
	\bar{X}	2327	2210

III. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS

El objetivo de este trabajo es generar recomendaciones óptimas económicas de producción para el cultivo de la cebada, bajo dos diferentes condiciones de producción; suelos someros con pendiente y suelos profundos planos.

Para lograr el objetivo planteado se generaron las siguientes hipótesis experimentales, las cuales al someterse a prueba originan el presente trabajo.

a) Los niveles de nitrógeno, fósforo y densidad de siembra para el cultivo de la cebada que utiliza el agricultor de la región en estudio limitan la producción.

b) Existe una recomendación óptima económica en términos de aplicaciones de nitrógeno y fósforo diferentes de cero, para el cultivo de la cebada en las diferentes condiciones de producción de la región Nor-oriental del Estado de México.

c) La respuesta del cultivo de la cebada a las aplicaciones de nitrógeno se afecta con la oportunidad de dicha aplicación.

En el desarrollo de la metodología para demostrar las hipótesis enunciadas se adoptaron los siguientes supuestos:

a) La fecha de siembra, las fuentes de fertilizantes, la preparación del terreno y la operación de siembra son adecuadas para la producción de cebada en la región.

b) En el espacio de exploración estudiado se encuentra la dosis óptima económica de nitrógeno, fósforo y densidad de siembra para el cultivo de la cebada, en el área seleccionada.

c) La matriz de tratamientos, diseño experimental, tamaño de parcela útil y análisis de resultados experimentales. Proporcionan datos confiables para lograr los objetivos del estudio.

IV. MATERIALES Y METODOS

1. Generalidades sobre la Zona.

La zona de estudio se encuentra enclavada en la parte central del llamado "Valle de México" conocida también como área de influencia de Chapingo.

En la Figura (1) se muestra la distribución de los experimentos en el campo.

La parte central del "Valle de México", se encuentra limitada al Sur por el Cerro de la Estrella, la Sierra de Santa Catarina y el Cerro del Pino, al Oeste por la Sierra Nevada, al Este por el ex-lago de Tezcoco (Llerena, 1947) y al Norte por la Sierra de Guadalupe, el Cerro de Chiconautla y el Cerro de Patlachique (García, 1968).

Geográficamente se encuentra ubicada entre los $19^{\circ}22'$ y $19^{\circ}36'30''$ latitud y los $98^{\circ}48'27''$ a $98^{\circ}57'30''$ longitud Oeste al meridiano de Greenwich (Ortiz, 1974).

El área tiene una extensión de 30,607 Has (Torres, 1972) de ellas 24,000 son de temporal y el resto de riego. De esta superficie aproximadamente el 10% se dedica a la siembra de cebada y el resto a otros cultivos principalmente maíz.

1.1 Clima.

Según (García, 1968) la zona en estudio, de acuerdo a la clasificación

climática de Koeppen modificado por la autora se encuentra dentro de los sistemas C(Wo), (W), b(i) y BSkw (W)(i) donde los sistemas significan:

BSkw (W)(i)

Semiseco con precipitación media anual de 600 mm, temperatura media anual entre 12° y 18°C, régimen de lluvias en verano, en invierno llueve menos - del 5% del total anual y con oscilación de las temperaturas medias mensuales entre 5° y 7°C el cociente precipitación/temperatura ($C P/T$) = 22.9.

C(Wo) (W) b(i)

Subhúmedo con precipitación media anual de 600 a 700 mm, con régimen de lluvias en verano, siendo el mes de julio el más lluvioso, con una temperatura - media anual entre 12° y 18°C y con una oscilación de las temperaturas medias menor de 5°C su $C P/T = 43.2$.

Según Jauregui, E. (1968) la precipitación anual de la región en estudio va de 600 a 800 mm, su índice de aridez queda comprendida en la transición entre semiárida y subhúmeda. Las heladas se pueden presentar de 20 a 40 días en el año y acontecen entre octubre y febrero.

Torres (1972) menciona que esta región tiene una precipitación que varía de 600 a 800 mm definiendo dos períodos. El húmedo, que abarca de junio a septiembre en el que ocurren el 80% de las lluvias y el seco de octubre a mayor con - el resto de la precipitación. Hay ocasiones en que el período de lluvias se adelanta

o retrasa al empezar o finalizar dicho período. Generalmente las lluvias se presentan en forma de aguaceros de alguna intensidad pero de poca duración. Platero, O. (1975).

1.2 Fisiografía.

Mooser (1961) indica que el área en estudio se encuentra dentro de la zona central del Valle de México, donde se reconocen seis subdivisiones fisiográficas de forma alargada que corren de Norte a Sur y de Oeste a Este. A continuación se enumeran:

Zona 1. La parte más cercana al lago de Tezcoco, es una zona con problemas de sales y/o sodio la cual casi no se utiliza para la agricultura a excepción de pequeñas áreas en las partes más altas donde se cultiva remolacha.

Zona 2. Zona de pastizales (Distichlis) con fuertes problemas de sales.

Zona 3. Zona de agricultura intensiva con ligeros problemas de sales.

Zona 4. Esta es la zona agrícola; en ella se encuentran los mejores suelos del área estudiada.

Zona 5. Zona de laderas con pendiente moderada en lomeríos, suelos de profundidad variable debido a fluctuaciones del tepetate.

Zona 6. Aquí se encuentran las partes más elevadas de los lomeríos. Es una zona de terrenos ondulados y con pendientes moderadas a fuertes con suelos someros.

1.3 Hidrología.

El escurrimiento natural de la zona es hacia el Norte y Oeste con tendencia a desembocar en el Lago de Tezcoco, los principales ríos son: El San Juan Teotihuacán, Papalotla, Xalapango, Coxacoaco, Tezcoco, Chapingo, San Bernardino, Santa Mónica y Coatepec, todos ellos atraviezan la carretera México-Tezcoco-San Cristóbal Ecatepec.

Estos ríos están secos la mayor parte del año (período seco) y su escorrentía en el período de lluvia es escasa.

1.4 Vegetación.

La vegetación original de esta zona, ha sido muy alterada y sólo pueden hacerse deducciones en base a los pocos residuos de vegetación natural existente.

Rzedowski (1957) menciona que en las cercanías del ex-lago de Tezcoco se observan asociaciones de pastos, halofitas crasifolias o subcrasifolias (Distichlis spicata), Suaeda nigra, Eragrostis obtusifolia.

También en las partes bajas y planas se encuentran dispersas Atriplex lanifolia, Americata y Cyperus niger (Reiche, 1963 y Rzedowski, 1957).

En las partes de lomeríos se encuentran especies de pastos como Hilaria cenchroides, Boutilova radicata, B. hersuta, Abilgardia mexicana, etc. formando -- asociaciones o agrupaciones. En forma dispersa existen Opuntia spp, Agave, Mezquites (Prosopis juliflora), Mimosa acantocarpo, M. biuncifora, Acacia tortuosa, Fraxi-

nus spp, Cupresus lindhleyi, Eucaliptus glovulus, Quercus spp, Pinus montejuanae.

En toda el área se encuentra disperso el pirul (Schnus molle).

1.5 Suelos.

En la región se localizan suelos cuyo material parental son cenizas volcánicas y suelos de acarreo fluvial (éstos en las partes bajas fundamentalmente). - Se han identificado tres series de suelos en los sitios donde se localizaron los ensayos.

Lomas de San Juan. Anaya (1973) reporta que los suelos pertenecen a la serie Coatlinchán. Son suelos de textura ligera, con pendientes de 2.5% en sentido E-O y la profundidad de estos suelos varía de 0 a 50 cm encontrándose sobre toba volcánica. En esta serie se siembra principalmente maíz, frijol, cebada y plantas hortícolas, éstos son cultivos de temporal y sólo la alfalfa de riego.

Totalcingo y Tezoyuca. Estos sitios quedaron localizados dentro de la serie Tequisistlán (Cachón, 1973). Son suelos moderadamente profundos, con problemas de sales y sodio; color pardo oscuro y gris muy oscuro con la profundidad; de textura migajón limoso, son mal drenados, de permeabilidad lenta, de reacción alcalina y con problemas de sales y/o sodio en algunas áreas.

Dependiendo de la cercanía con el ex-lago de Tezcoco se presenta un estrato saturado de humedad a profundidad variable llamado "jaboncillo". El "jaboncillo" es un sistema agua-sedimento constituido principalmente por esmectitas expandibles y amorfos que poseen una alta afinidad por el agua, debido a fuerzas

electrostáticas y de adhesión entre las moléculas de agua y las partículas menores - de 2 micras que sumado al efecto de las sales, condiciona la característica de alta retención de humedad, Rivera (1975).

Tepetlaoxtoc. Cachón (1973), encontró que estos suelos tienen pendientes de moderadas a planas, se localizan y pertenecen a la serie de Jolalpa al Norte de Papalotla, al Oeste de Tepetlaoxtoc. La textura de estos suelos es migajón arenoso con 4 a 6% de pendiente erosionada y alcanzan de 10 a 20 cm de espesor, de color pardo grisáceo oscuro o negro descansan sobre un estrato fuertemente cementado el cual aflora en un 20 a 30% del área ocupada por esta serie.

Son suelos que se localizan en las faldas de los cerros, de baja fertilidad, baja capacidad de retención de humedad y escurrimiento superficial rápido.

Tienen serias limitaciones por espesor del suelo y por erosión. En estos suelos se cultiva maíz y cebada, ambos de temporal.

2. Metodología para Probar las Hipótesis.

Para probar las hipótesis planteadas se procedió a localizar los sitios en los que se pondrían los ensayos. Dichos lugares deberían reunir ciertas condiciones desde el punto de vista de suelos y clima quedando comprendidos en dos sistemas de productividad: a) Suelos profundos planos y b) Suelos someros en pendiente. La localización de los sitios se ven en la Figura (1). Los sitios experimentales, sistemas de producción, nombre de los agricultores cooperantes y fechas de labores aparecen en el Cuadro (11).

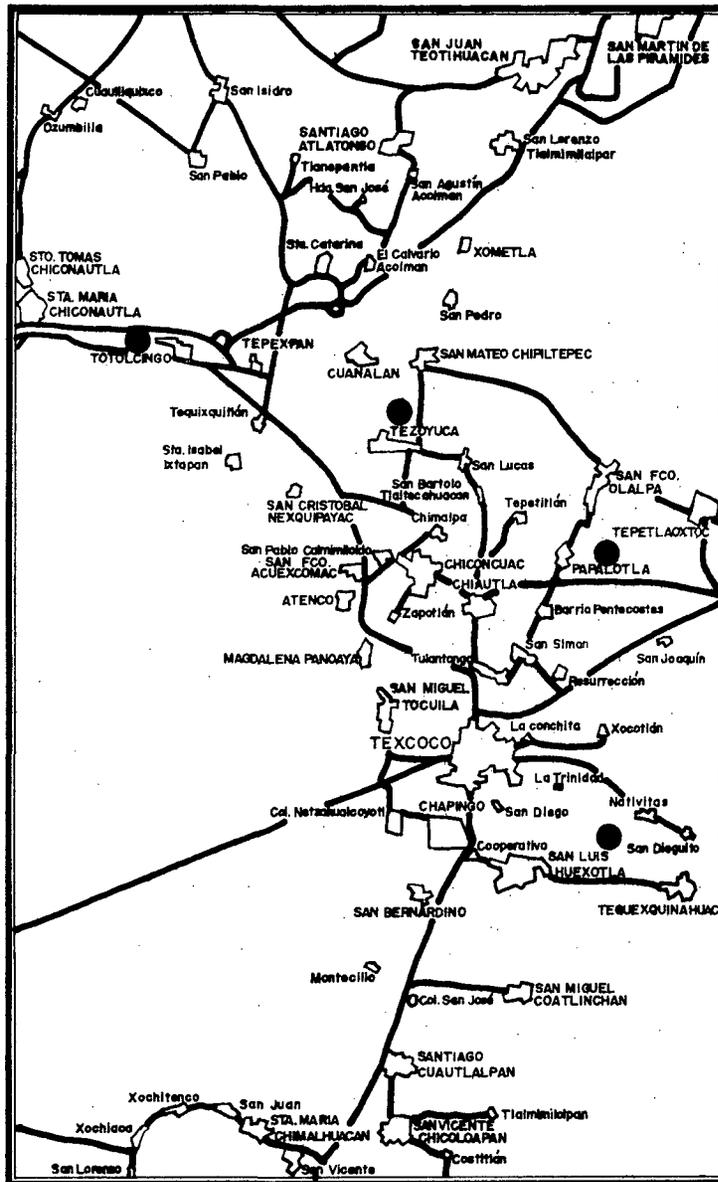


FIG. 1. Ubicación de los sitios experimentales en el área de estudio. Escala 1 : 200,000.

En cada uno de los sitios se probaron diferentes niveles de fertilización nitrogenada, fosfórica, densidad siembra, además se probó en contraste la oportunidad de la aplicación de la fertilización nitrogenada.

Los espacios de exploración múltiple utilizados fueron diseñados para cada uno de los sistemas de producción identificados en el área de estudio.

Para suelos someros:

<u>Factor</u>	<u>Espacio de Exploración</u>
Nitrógeno	30, 60, 90 y 120 Kg/ha
Fósforo	0, 30, 60 y 90 Kg de P_2O_5 /ha
Densidad de siembra	60, 90 y 120 Kg de semilla/ha

Para suelos profundos:

<u>Factor</u>	<u>Espacio de Exploración</u>
Nitrógeno	0, 30, 60 y 90 Kg/ha
Fósforo	0, 30, 60 y 90 Kg de P_2O_5 /ha
Densidad de siembra	60, 90 y 120 Kg de semilla/ha

La matriz experimental empleada para generar los tratamientos Cuadros (3 y 4), fue la Plan Puebla I, Figuras (2a y 2b). Se adicionaron dos tratamientos como contrastes, el 16 aplicado todo el nitrógeno en la siembra y el 15 con la variedad Celaya. Estos dos tratamientos estuvieron determinados por el sistema de producción que se tratase, así para los suelos profundos fue 60-60-90 y para los suelos someros fue 90-60-90.

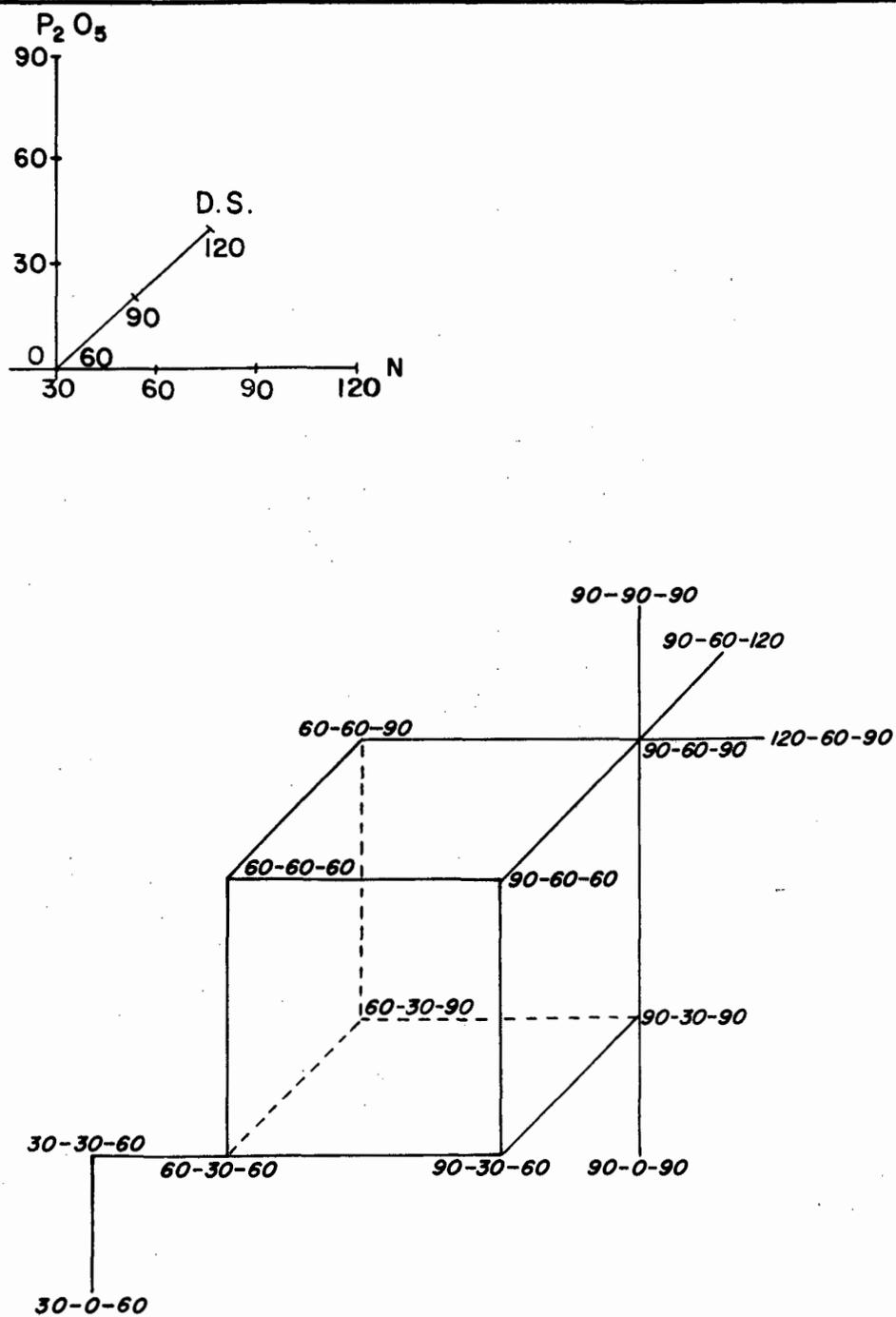


Fig. 2a. MATRIZ DE TRATAMIENTOS. SUELOS SOMEROS 1974.

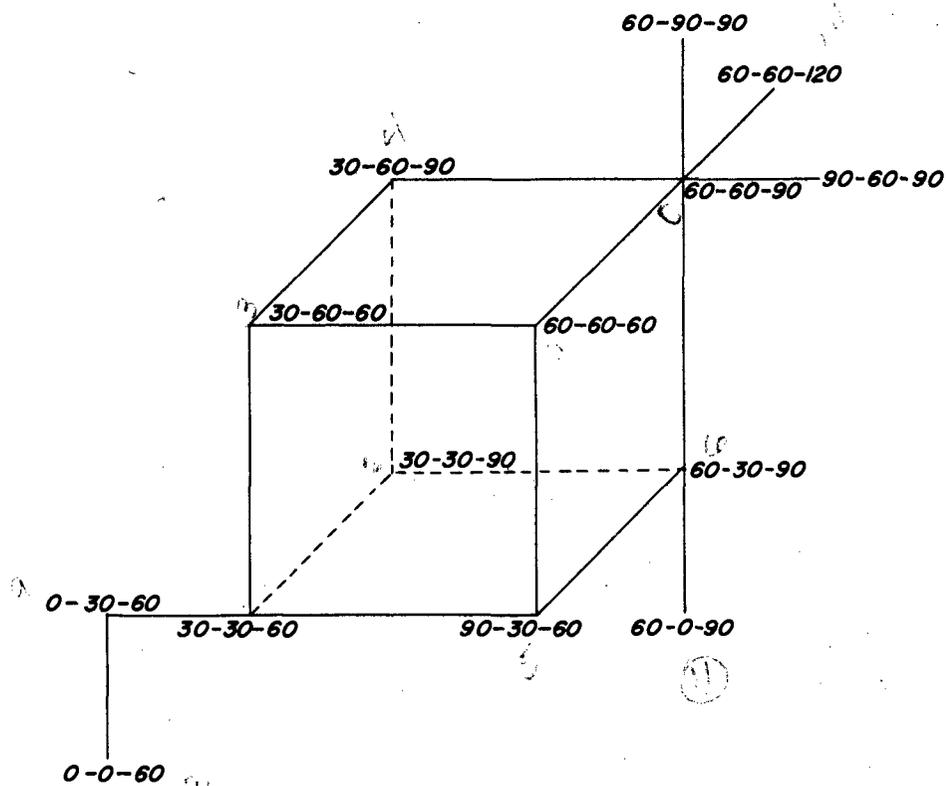
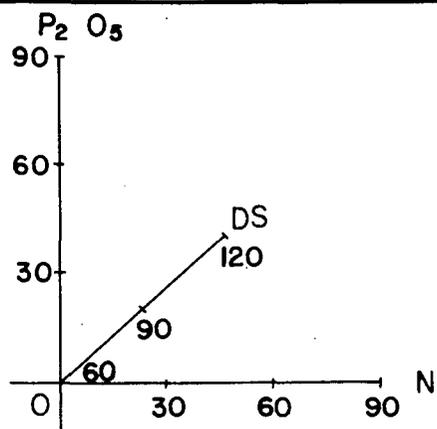


Fig. 2b. MATRIZ DE TRATAMIENTOS. SUELOS PROFUNDOS 1974.

Cuadro 3. Tratamientos estudiados en los experimentos de productividad de suelos para el cultivo de la cebada. Suelos someros 1974.

Trat.	N Kg/ha	P Kg/ha	D.S. Kg de semilla/ha
1	60	30	60
2	60	30	90
3	60	60	60
4	60	60	90
5	90	30	60
6	90	30	90
7	90	60	60
8	90	60	90
9	30	30	60
10	120	60	90
11	90	0	90
12	90	90	90
13	90	60	120
14	30	0	60
15	90	60	90 (Var. Celaya)
16	90	60	90 (N a la siembra)

* Del tratamiento 1 al 15 se aplicó la mitad del N en la siembra y la otra mitad de N a los 30 días después de la nacencia, todo el P al momento de la siembra.

Cuadro 4. Tratamientos estudiados en los experimentos de productividad de suelos para el cultivo de la cebada. Suelos profundos 1974.

Trat.	N Kg/ha	P Kg/ha	D.S. Kg de semilla/ha
1	30	30	60
2	30	30	90
3	30	60	60
4	30	60	60
5	60	30	60
6	60	30	90
7	60	60	60
8	60	60	90
9	0	30	60
10	90	60	90
11	60	0	90
12	60	90	90
13	60	60	120
14	0	0	60
15	60	60	90 (Var. Celaya)
16	60	60	90 (N a la siembra)

* Del tratamiento 1 al 13 y el 15 se aplicó la mitad del N a la siembra y la otra mitad del N a los 30 días después de la nacencia, todo el P al momento de la siembra.

El diseño experimental empleado en el campo fue el de bloques al azar con cuatro repeticiones, quedando catorce tratamientos de la matriz más dos adicionales ya mencionados por repetición Figura (3).

El tamaño de la parcela fue de 4 x 4 m con un total de 16 m², de los cuales los 4 m² centrales constituyeron la parcela útil.

3. Metodología de los Ensayos de Productividad.

Teniendo seleccionados los cuatros sitios, se llevó a cabo la instalación de los experimentos por los trabajadores del programa cooperativo del Colegio de Postgraduados y el Centro de Investigación Agropecuaria, Santa Elena del Estado de México.

La semilla que se usó fue la variedad Puebla para los tratamientos 1 al 14 y 16 en el 15 se sembró la variedad Celaya.

Las fuentes de fertilizantes químicos utilizados fueron:

Para nitrógeno, sulfato de amonio (20.5% de N), para fósforo superfosfato simple de calcio (20% de P₂O₅). En todos los tratamientos excepto en el 15 el fertilizante fue aplicado en la forma siguiente:

La mitad del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y la otra mitad del nitrógeno a los 30 días después de la nacencia. De acuerdo a cada tratamiento se pesó en bolsas de polietileno la cantidad de fertilizante calculada para cada parcela experimental.

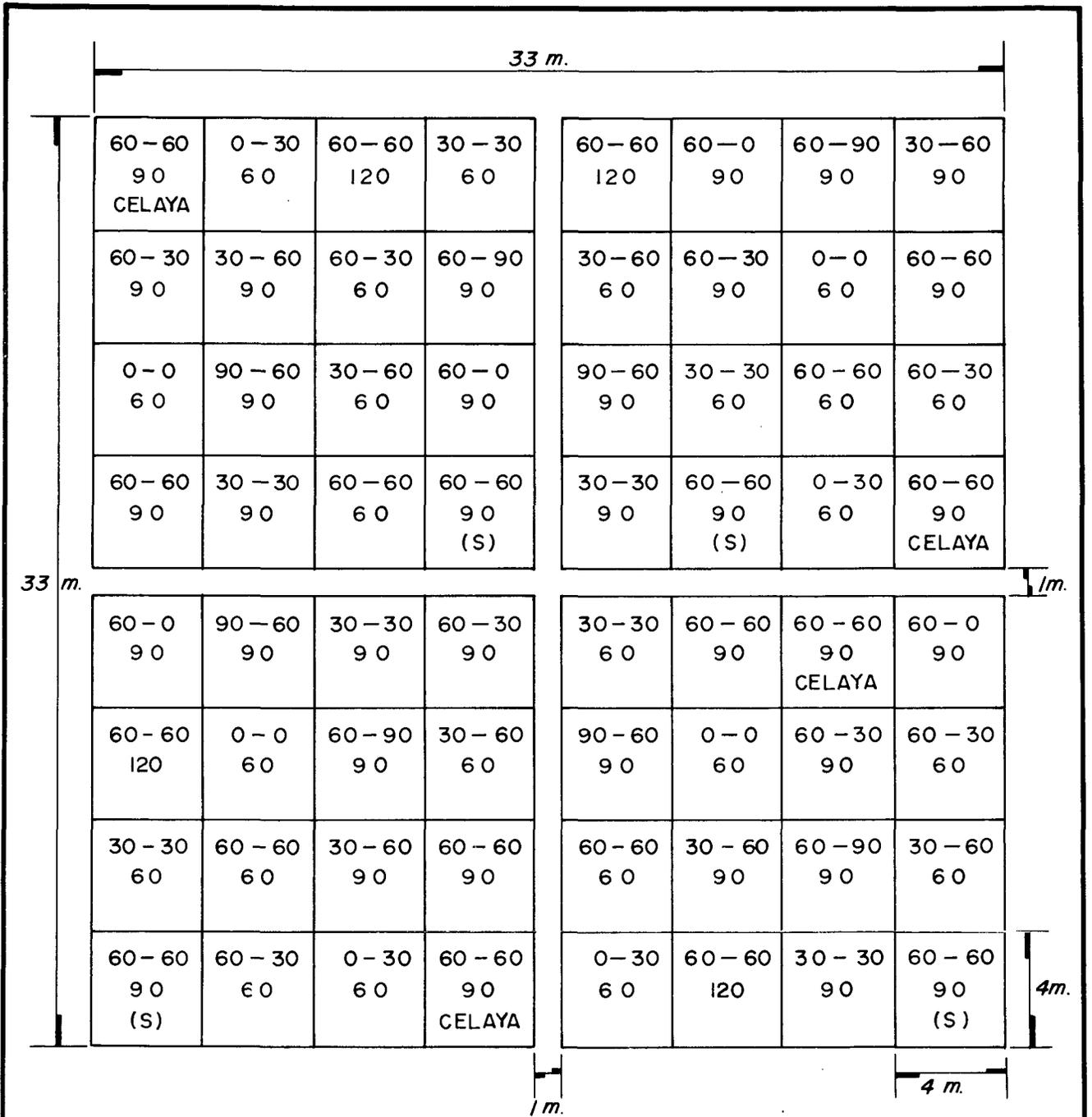


FIG. 3. Diseño de los experimentos de Cebada tratamientos del sitio Totolcingo.

4. Conducción de los Experimentos.

4.1 Preparación del Terreno.

La preparación del terreno la realizó el agricultor empleando sus métodos tradicionales que consisten en una barbecho y paso de rastra, sólo en el caso de Lomas de San Juan se efectuó con maquinaria del Departamento de Campo del Colegio de Postgraduados.

4.2 Siembra.

Antes de iniciar la siembra y fertilización de cada uno de los sitios se tomó una muestra de suelo compuesta de 10 submuestras al azar de toda el área experimental para llevarla al laboratorio, donde se hicieron las determinaciones que se reportan en el Cuadro (5).

La siembra de los ensayos se realizó de la manera siguiente:

Al llegar al campo se tomó escuadra y se tendieron lazos en todo el terreno experimental de tal forma que quedaron perfectamente delimitadas las 16 parcelas de cada repetición divididas una de otra por una calle de un metro de anchura Figura (3). La semilla y el fertilizante se distribuyeron uniformemente al voleo dentro del área que le correspondía de acuerdo al sorteo efectuado antes de empezar la siembra. Después se procedió a tapar la semilla y el fertilizante con rastrillo para asegurar una buena nacencia.

4.3 Control de Malas Hierbas.

Los lotes experimentales, se mantuvieron libres de malas hierbas durante el ciclo vegetativo. En Totolcingo y Lomas de San Juan se aplicó herbicida - -

Cuadro 5. Algunas características físicas y químicas de los sitios estudiados.

Lugar	Tepetlaoxtoc	Tezoyuca	Totalcingo	Lomas San Juan Chapingo
Prof. muestra cm	0-15 cm	0-30 cm	0-30 cm	0-30 cm
Arena (%)	57	35	53	55
Limo (%)	34	48	36	34
Arcilla (%)	9	17	11	11
Clasificación Textural	Mig. Arenoso	Franco	Mig. Arenoso	Mig. Arenoso
Reacción (pH)	8.30	8.10	8.30	7.20
Conduct. Eléct. (mmhos/cm)	0.09	0.11	0.08	0.06
Materia Orgánica (%)	1.13	1.06	0.67	1.00
Nutrimentos:				
Fósforo (Kg/ha)	53	25	17	93
Potasio (Kg/ha)	267	611	343	331
Calcio (Kg/ha)	20,000	20,000	20,000	5,300
Magnesio (Kg/ha)	1,113	1,200	1,287	1,218
Prof. y pendiente	Somero con pendiente	Prof. plano	Prof. plano	Somero con pendiente

Gesaprin 50 a dosis de 220 gr de producto comercial en 100 Lts. de agua, pero no tuvo mucha efectividad, por lo que fue necesario efectuar un deshierbe a mano. - En los dos sitios restantes solamente se hizo un deshierbe manual cuando la planta tenía un mes y medio de nacida.

Cuando las plantas de cada uno de los ensayos empezaban a espigar, se delimitó cada parcela dejando un espacio aproximado de 20 cm entre tratamientos y como ya se mencionó un metro entre repeticiones.

4.4 Plagas y Enfermedades.

No se presentaron plagas en ninguno de los experimentos, solamente la variedad Celaya fue atacada por la enfermedad del carbón volador de la cebada - Ustilago hordei. Fue un ataque ligero, que no se trató de combatir ya que la única forma práctica es a través de variedades resistentes.

4.5 Observaciones Experimentales.

Se visitaron los experimentos semanalmente para hacer las observaciones necesarias tales como respuesta vegetativa a la aplicación de los diferentes factores en estudio, fechas de floración, etc. que nos ayudarían en la interpretación de los resultados.

4.6 Fenómenos Meteorológicos.

Durante el ciclo de vida de los cultivos se presentó sequía en tres de los experimentos (Tepetlaoxtoc, Totolcingo, Tezoyuca) en la etapa de floración, - siendo afectados también por las heladas de los días 7 y 8 de septiembre que redu

jo el rendimiento esperado hasta en un 15%. Esto se puede observar en los Cuadros (7 y 8). Solamente el sitio de Lomas de San Juan, Chapingo no resintió los efectos de dichos fenómenos.

4.7 Cosecha.

Una vez que el cultivo llegó a su madurez se procedió a cosechar y se hizo de la siguiente forma:

De cada parcela experimental se cosecharon los 4 m² centrales con todo y paja al ras del suelo se metió en una bolsa de manta y se registro su peso de campo. Se dejó secando por espacio de 22 días; una vez seco se trilló y pesó por separado, paja y grano.

5. Análisis de los Datos de la Cosecha.

5.1 Cálculo del Rendimiento en Kg/ha.

Con los datos del campo de la cosecha se procedió a calcular el rendimiento por hectárea tomando en cuenta los factores del área cosechada, peso de grano, peso de paja y peso de campo de la cosecha.

5.2 Análisis de Varianza.

Con los datos obtenidos en los cuatro experimentos se realizó el análisis de varianza para determinar el efecto de tratamientos de repeticiones y la precisión obtenida en cada uno de los ensayos.

5.3 Análisis de Regresión.

El análisis de regresión se llevó a cabo para determinar la relación de los factores manejados como variables, con el rendimiento de grano y paja.

Para la realización del análisis de regresión se utilizó el modelo cuadrático que a continuación se detalla:

$$Y = \beta_0 + \beta_1 N + \beta_2 P + \beta_3 D + \beta_{11} N^2 + \beta_{22} P^2 + \beta_{33} D^2 + \beta_{12} NP + \beta_{13} ND + \beta_{23} PD$$

En esta ecuación la letra Y significa rendimiento estimado de grano y β_1 es el coeficiente que estima a cada parámetro y N, P y D simbolizan el nitrógeno, fósforo y densidad de siembra, respectivamente.

5.4 Análisis Económico.

Con las ecuaciones empíricas obtenidas al realizar el análisis de regresión, se calculó la dosis óptima económica, por medio de derivadas parciales de la ecuación, las cuales se igualaron a la relación inversa de precios cuando se buscó la dosis óptima económica como se describe a continuación:

$$\frac{DY}{DN} = \beta_1 + 2\beta_{11}N + \beta_{12}P + \beta_{13}D = \text{R.I.P. N/cebada}$$

$$\frac{DY}{DP} = \beta_2 + \beta_{12}N + 2\beta_{22}P + \beta_{23}D = \text{R.I.P. P/cebada}$$

$$\frac{DY}{DD} = \beta_3 + \beta_{13}N + \beta_{23}P + 2\beta_{33}D = \text{R.I.P. D/cebada}$$

Estas ecuaciones se resuelven simultáneamente:

Para efectuar el análisis económico se calculó el costo de cada uno de los insumos basándose en el precio actual que tienen en el mercado y los gastos - asociados con su aplicación, como se detalla enseguida:

Los precios del sulfato de amonio (20.5% de N) y del superfosfato simple de calcio (20% de P_2O_5) son de \$ 798.50 y \$ 756.50 por Ton, respectivamente, lo cual da un precio de \$ 3.90 por cada kilogramo de N y \$ 3.95 por kilogramo de P_2O_5 .

Se recabó información de los agricultores que siembran este cereal y se determinó que el costo de aplicación de fertilizante nitrogenado y fosfórico es de \$ 0.40 por kilogramo. El acarreo de la bodega a la parcela tiene un costo aproximado de \$ 0.30 por kilogramo, por concepto de seguro, intereses, sobre el crédito se estimó \$ 0.50 por kilogramo, por lo tanto el kilogramo de nitrógeno tiene un costo global de \$ 5.15, mientras que el kilogramo de P_2O_5 cuesta \$ 5.20.

El costo de la semilla oscila de acuerdo a la variedad. En este caso cuando el agricultor siembra su cultivo para industrializarlo, lo hace con las variedades llamadas malteras, entre ellas: Apizaco, Celaya, Puebla, etc., con un costo de \$ 2.50 por kilogramo.

El precio de un kilogramo de cebada a nivel comercial es de \$ 2.30 pero descontando los gastos que implica su cosecha como son trilla, cacarreo estimados en \$ 0.30 por kilogramo da un valor de \$ 2.00 por kilogramo de grano. Esto es lo que recibe realmente el agricultor por cada kilogramo de cebada.

Con los datos anteriormente calculados, se está en condiciones de calcular las relaciones inversas de precios insumo-producto las cuales quedan así:

$$\text{Nitrógeno} \quad \frac{PN}{PC} = \frac{5.15}{2.00} = 2.57$$

$$\text{Fósforo} \quad \frac{PP}{PC} = \frac{5.20}{2.00} = 2.60$$

$$\text{Densidad de siembra} \quad \frac{PS}{PC} = \frac{2.50}{2.00} = 1.25$$

Con la relación inversa de precios insumo-producto al igualarse con las derivadas parciales y resolverlas simultáneamente genera las dosis óptimas económicas.

5.5 Análisis Gráfico.

En vista de que en el presente trabajo no se pudieron encontrar las D.O. E. por medio del método matemático, debido a la poca confiabilidad que los datos mostraban al analizarlos por este método, se optó por usar el método gráfico y así obtener recomendaciones más realistas.

Sin embargo, para usar el método gráfico y llegar a una recomendación se debe seguir una metodología que es la siguiente:

1o. Con las medias de rendimientos de cada tratamiento, se grafica para encontrar la función de respuesta a cada factor estudiado.

2o. Se obtiene la relación inversa de precios insumo-producto, el co-

ciente que resulta se multiplica por el número de unidades entre niveles del factor estudiado y se dibuja en la gráfica en el eje de las ordenadas, dejando en el eje de las abscisas el número de unidades del factor en cuestión, esta relación da la pendiente que ha de originar la dosis óptima económica.

3o. Teniendo ya la pendiente esta se corre en el sentido de las curvas de respuesta, la cual al tocar a la curva da el punto donde se hace máxima la ga ganancia. (Turrent, A. y R.J. Laird, 1975).

V. RESULTADOS Y DISCUSION

1. Respuesta a los factores estudiados.

La respuesta a las dosis de N, P_2O_5 y D.S. se hicieron en base al rendimiento de grano de cebada obtenido con cada uno de los tratamientos en los diferentes sitios experimentales estudiados.

Para llevar a cabo este análisis, se usó el análisis de varianza (ANOVA), los rendimientos promedio de cuatro repeticiones para cada tratamiento y la diferencia mínima significativa (DMS) al 1 y 5% de probabilidad, respectivamente.

En el Cuadro (6) se presenta el ANOVA para cada sitio experimental, analizando esta información se observa que el efecto de bloques (repeticiones), solamente en el sitio 33 resultó no significativo al 5% de probabilidad. En los sitios 32 y 34 la significancia del efecto de bloques fue al 5% de probabilidad y en el sitio 31 al 1%. Estos resultados indican que en el 75% de los casos, el factor bloques eliminó una porción significativa de la variación total.

En el sitio 33 la no significancia de bloques puede ser debido a la homogeneidad que tuvo el suelo o que el acomodo de las repeticiones en el campo no fue el más adecuado.

Respecto al efecto de tratamientos, los datos indican que únicamente en el sitio 32 no fue significativo al 5% de probabilidad. En los sitios 31 y 33 el efecto de tratamientos fue significativo al nivel 10% probabilidad y en lote 34 al

Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable rendimiento de grano de cebada en cada sitio experimental, 1974.

Sitio Núm.	Fuente de variación	Grado de libertad	Cuadrado medio X 10 ⁵	Valor de F	C.V.
34	Bloques	3	2.81301	3.20*	0.18
	Tratamientos	15	6.30015	7.16**	
	Error	45	0.87906		
32	Bloques	3	4.75187	3.45*	0.31
	Tratamientos	15	1.65060	1.19 NS	
	Error	45	1.37635		
31	Bloques	3	46.17680	17.64**	0.22
	Tratamientos	15	4.67587	1.78 ⁺	
	Error	45	2.61630		
33	Bloques	3	1.74479	1.07 NS	0.20
	Tratamientos	15	2.94852	1.81 ⁺	
	Error	45	1.62092		

* Significativo al 1%

** Significativo al 5%

+ Significativo al 10%

NS No significativo

5% de probabilidad.

El hecho de que en el sitio 32 no se haya captado estadísticamente - efecto de tratamientos se debe a que la cebada en etapa de floración se vió afec tada fuertemente por sequía y helada ocasionando un decremento considerable en la producción de grano de cebada. Sin embargo, en la etapa vegetativa del cultivo se observó efecto de tratamientos, que no fueron cuantificados.

El valor del coeficiente de variación (C.V.) muestra que la variabilidad entre las unidades experimentales de los sitios varió entre 18 y 31%. Con excep- ción del valor 31% que se registró en el sitio 32, en el resto de los casos el C.V. obtenido es aceptable desde el punto de vista precisión. Además, hay que tener - en mente que en el sitio 32 es donde tuvo mayor incidencia por efecto de la hela da y sequía, estos fenómenos pudieron ocasionar mayor variabilidad entre las unidades experimentales.

No obstante lo anterior, en todos los casos la variabilidad debida a trat tamientos siempre fue mayor que la debida al error experimental.

Analizando las medias de rendimiento de grano presentadas en los Cua- dros (7 y 8) se observa que el rendimiento del testigo varió entre sitios. La variaci ón muestra dos agrupaciones que coinciden con el tipo de suelo en el cual estu- vieron ubicados los experimentos es decir, suelos profundos y suelos someros. En - los primeros es donde se obtiene mayor rendimiento: 1645 Kg/ha contra 841 Kg/ha logrado en suelos someros.

Cuadro 7. Rendimiento de grano en Kg/ha, en suelos profundos 1974.

No. Trat.	Tratamiento			Sitio Experimental			
	N Kg/ha	P ₂ O ₅ Kg/ha	D.S. Kg de semilla/ha	Lomas de San Juan 34	Totalcingo 31	Tezoyuca 33	
1	30	30	60	1085	2313	1968	
2	30	30	90	1331	2313	1716	
3	30	60	60	1363	1690	1735	
4	30	60	90	1481	2062	1941	
5	60	30	60	1518	2458	2005	
6	60	30	90	1814	2280	2103	
7	60	60	60	1609	2242	1921	
8	60	60	90	1709	2566	2133	
9	0	30	60	986	1971	1388	
10	90	60	90	2374	2675	2166	
11	60	0	90	1605	2126	2103	
12	60	90	90	1886	2247	1815	
13	60	60	120	1864	1981	2382	
14	0	0	60	841	1627	1645	
15	60	60	90 (Var. Celaya)	1688	2664	2239	
16	60	60	90 (N a la siembra)	2036	2836	2383	
				\bar{X}	1574	2254	1973
				D.M.S. al 1%	563	972	765
				D.M.S. al 5%	422	728	573
				C.V. %	18	22	20

Cuadro 8. Rendimiento de grano en Kg/ha, en suelos someros 1974.

No. Trat.	Tratamiento			Sitio Experimental	
	N Kg/ha	P ₂ O ₅ Kg/ha	D.S. Kg de semilla/ha	Tepetlaoxtoc 32	
1	60	30	60	1160	
2	60	30	90	1323	
3	60	60	60	1106	
4	60	60	90	1448	
5	90	30	60	1149	
6	90	30	90	1181	
7	90	60	60	820	
8	90	60	90	1049	
9	30	30	60	962	
10	120	60	90	1372	
11	90	0	90	1012	
12	90	90	90	1452	
13	90	60	120	1453	
14	30	0	60	860	
15	90	60	90 (Var. Celaya)	1306	
16	90	60	90 (N a la siembra)	1211	
				\bar{X}	1180
				D.M.S. al 1%	705
				D.M.S. al 5%	528
				C.V. %	31

Este resultado muestra la ventaja de considerar espacios de exploración diferentes para cada sistema de producción.

La respuesta a cada uno de los factores estudiados se discute a continuación:

1.1 Respuesta a Nitrógeno.

En el Cuadro (7) analizando los datos de los tratamientos 9, 1 y 5 indican que con 30 Kg de P_2O_5 /ha y 60 Kg de semilla/ha, la respuesta al nitrógeno aplicado al pasar de 0 a 60 Kg/ha es significativa al nivel de 5% de probabilidad en los sitios 33 y 34. En el sitio 31 la respuesta a nitrógeno no es significativa - a los niveles de P_2O_5 y D.S. mencionados.

Cuando la dosis de P_2O_5 y densidad de siembra es al nivel de 60 y 90 Kg/ha, respectivamente, la respuesta a nitrógeno al pasar de 30 a 90 Kg/ha es significativa al nivel 1% de probabilidad en el sitio 34. En los restantes aún cuando se observan incrementos en el rendimiento al variar la dosis de N, la respuesta no es significativa al 5% de probabilidad, debido quizás a los fenómenos climatológicos ya mencionados que redujeron el rendimiento.

En el caso del sitio 32 se observa lo siguiente:

Cuadro (8) con 30 Kg de P_2O_5 /ha y 60 Kg de semilla/ha la respuesta a N de 30 a 90 Kg/ha es leve de tal forma que el incremento en rendimiento no supera la D.M.S. al 5% de probabilidad. A dosis de 60 Kg de P_2O_5 /ha y 90 Kg de semilla/ha, la respuesta a N de 60 a 120 Kg/ha no se observó y más bien el -

incremento en la dosis de N condujo a una disminución en el rendimiento. Sin embargo, el efecto depresivo de dosis elevadas de nitrógeno en este caso, está afectado por la incidencia de sequía y helada, en la etapa de producción del cultivo.

En general, se puede concluir a priori que la respuesta a N a través de los sitios estudiados ocurrió al nivel de 60 Kg/ha en el 75% de los casos y solamente en la localidad 34 la respuesta fue intensa de tal forma que el nivel máximo estudiado no permitió obtener el rendimiento máximo físico.

1.2 Respuesta a Fósforo.

Analizando los rendimientos medios de los tratamientos 11, 6, 8 y 12 presentados en el Cuadro (7), se puede observar que en los sitios 31 y 34 la respuesta a P_2O_5 de 0 a 90 Kg/ha con 60 Kg de N/ha y 90 Kg de semilla/ha es muy leve de tal forma que el incremento en rendimiento no supera la D.M.S. al 5% de probabilidad. En el sitio 33 no hubo respuesta al fósforo aplicado y la aplicación 90 Kg/ha tuvo un efecto depresivo.

En el sitio 32 con 90 Kg de N/ha y 90 Kg de semilla/ha la respuesta a fósforo no fue significativa al 5% de probabilidad.

1.3 Respuesta a Densidad de Siembra.

Para observar la respuesta a densidad se analizaron los datos de los tratamientos 7, 8 y 13 indicados en los Cuadros (7 y 8). Los datos del Cuadro (7), indican que con 60 Kg de N/ha y 60 Kg de P_2O_5 /ha la respuesta a densidad de siembra de 60 a 120 Kg de semilla no fue significativa al 5% de probabilidad en

los sitios 33 y 34. En el sitio 31 el incremento en el rendimiento al pasar de 60 a 90 Kg de semilla/ha no superó a la D.M.S. al 5% y al pasar de 90 a 120 Kg de semilla/ha su efecto fue depresivo en el rendimiento.

En el sitio 32, con 90 Kg de N/ha y 60 Kg de P_2O_5 /ha, la respuesta a densidad de 60 a 120 Kg de semilla/ha fue significativa al 5% de probabilidad. Cuadro (8).

De la discusión anterior se puede concluir: la respuesta a los factores estudiados varió según la ubicación del experimento, se puede observar como en los sitios 32 y 34 la respuesta a nitrógeno fue mayor a 90 Kg, para fósforo 60 Kg y la densidad de siembra 120 Kg/ha, estos sitios se localizaron en terrenos someros con pendiente.

En los sitios 31 y 33 ubicados en suelos profundos y planos, la respuesta observada para nitrógeno, fósforo y densidad fue a los niveles de 90 Kg, 60 Kg y 100 Kg de semilla, respectivamente.

Para el sitio 32 (Tepetlaoxtoc) 60 Kg de N, 45 Kg de P_2O_5 y 120 Kg de semilla/ha, para el sitio 34 (Lomas de San Juan, Chapingo) fue mayor a 90 Kg de N, 60 Kg de P_2O_5 y 120 Kg de semilla/ha.

De aquí la necesidad del empleo de dos espacios de exploración, (uno para cada sistema), ya que las necesidades de nutrientes es mayor en los terrenos delgados.

2. Comportamiento de la Variedad Celaya.

El comportamiento de la variedad Celaya en el rendimiento se puede observar analizando los rendimientos de los tratamientos 10 y 15 indicados en los Cuadros (7 y 8) el primer Cuadro los datos indican que prácticamente no hay diferencias en producción debido a genotipos en los sitios 31, 33 y 34. En el sitio 32, Cuadro (8) la variedad Celaya rindió 257 Kg de grano/ha más que el genotipo Puebla, sin embargo, la diferencia no fue significativa al 5% de probabilidad.

De esta discusión se deduce que el genotipo probado (variedad Celaya) resultó inferior en rendimiento a la semilla usada (variedad Puebla) en los experimentos. Además tiene la desventaja de ser atacada por el carbón volador de la espiga.

3. Efecto del Momento de la Aplicación del N.

Los datos indicados en el Cuadro (9), corresponden a los tratamientos con diferentes épocas de aplicación de N:

- a) Todo el N al momento de la siembra
- b) Aplicación fraccionada, la mitad al momento de la siembra y el resto 30 días después.

Analizando los datos, se observa, que en los cuatro sitios, el tratamiento donde todo el N se aplicó a la siembra rindió más sin embargo, el incremento en el rendimiento en ningún caso superó a la D.M.S. al 5 % de probabilidad.

De lo anterior se concluye:

Cuadro 9 . Efecto del momento de aplicación de 60 Kg de N/ha sobre rendimiento de cebada. Con aplicación uniforme de 60 Kg de P₂O₅ y 90 Kg de semilla/ha.

No. Sitio	Sitio	Año	Tratamientos			Rendimiento de cebada en Kg/ha N aplicado	
			N Kg/ha	P ₂ O ₅ Kg/ha	D.S. Kg de semilla/ha	Fraccionado*	A la siembra
32	Tepetlaoxtoc	1974	90	60	90	1049	1211
34	Lomas de San Juan	1974	60	60	90	1709	2036
31	Totalcingo	1974	60	60	90	2566	2836
33	Tezoyuca	1974	60	60	90	2133	2383
					\bar{X}	1864	2116

* El fraccionamiento del nitrógeno consistió en aplicar 1/2 al momento de la siembra y 1/2 a los 30 días después de la nacencia.

Al contrario de lo que reportan estudios hechos por Núñez, E.R. y R. Acosta 1972 y Núñez, E.R. 1973, en la zona, Cuadro (9) se observó que el rendimiento de grano de cebada, se afectó cuando la aplicación del nitrógeno fue fraccionada, en cambio al aplicarse el N en la siembra el rendimiento fue mayor, lo cual indica que no guarda secuencia sino que varía con cada año de acuerdo a la precipitación y otros factores climáticos de la zona en estudio.

4. Análisis de Regresión.

Usando como modelo aproximativo el cuadrático completo mencionado en el Capítulo de Materiales y Métodos, se llevó a cabo el análisis de regresión para la variable rendimiento de grano, con el objeto de conocer los efectos lineales, - cuadráticos y las interacciones de los factores estudiados.

Al analizar los datos del ANOVA Cuadro (10) se puede observar que - en el 75% de los casos el modelo propuesto logró valores de R^2 que varían entre 0.10 y 0.30 y solamente en el lote número 34 tuvo un valor de 0.62.

Sin embargo, a pesar que el sitio 34 tiene un valor de $R^2 = 0.62$, los coeficientes de los efectos cuadráticos de N, P y D.S. son positivos, originando con ello una curva también positiva, la cual al tratar de encontrar la respuesta al factor sería mínima en lugar de máxima.

Estos resultados indican que la capacidad explicativa del modelo cuadrático en la mayoría de los casos es baja, ya que solamente logra explicar un 30% de la variación total asociada al rendimiento.

Cuadro 10. Análisis de varianza de la regresión para la variable rendimiento de cebada para cada sitio experimental 1974.

Sitio Núm.	Fuente de variación	Grados de libertad	Cuadrado medio X 10 ⁵	Valor de F	C.V.	R ²
34	Regresión	9	7.02840	7.89**	0.18	0.62
	Error	42	0.89041			
32	Regresión	9	1.42810	1.13 NS	0.29	0.19
	Error	42	1.26335			
31	Regresión	9	3.22823	0.57 NS	0.33	0.10
	Error	42	2.62206			
33	Regresión	9	3.36664	2.07*	0.20	0.30
	Error	42	1.62429			

* Significativo al 1%

** Significativo al 5%

NS No significativo

Debido a la poca confiabilidad que el modelo matemático presenta para la obtención de las dosis óptimas económicas, se procedió a encontrarlas por el método gráfico, a partir de datos observados en el campo y así lograr resultados más confiables.

Para apoyar lo expresado respecto a la confiabilidad del modelo propuesto para calcular D.O.E. considerando la ecuación de regresión obtenida para el sitio 34, por lo tanto:

$$\text{Rendimiento} = 779.80 + 11.26 N + 3.44 P + 5.46 D + 0.11N^2 + 0.05 P^2 + 0.07 D^2 - 0.16 NP - 0.28 ND + 0.17 PD.$$

Esta ecuación está referida en el punto donde Nitrógeno = 0 Kg/ha, Fósforo = 0 Kg/ha y Densidad = 60 Kg, de semilla/ha.

Las etapas para llegar a las D.O.E. son las siguientes:

a) Se obtiene la primera derivada con respecto a cada uno de los factores:

$$1. \frac{DY}{N} = 11.26 + 0.22 N - 0.16 P - 0.28 D$$

$$2. \frac{DY}{P} = 3.44 + 0.10 P - 0.16 N + 0.17 D$$

$$3. \frac{DY}{D} = 5.46 + 0.14 D - 0.28 N + 0.17 P$$

b) Estas derivadas parciales se igualan a la relación inversa de precios insumo-producto.

$$1. \quad 0.22 N - 0.16 P - 0.28 D + 11.26 = 2.57$$

$$2. \quad 0.16 N + 0.10 P + 0.17 D + 3.44 = 2.60$$

$$3. \quad -0.28 N + 0.17 P + 0.14 D + 5.46 = 1.25$$

c) Resolviendo por el sistema de ecuaciones simultáneas se obtiene la siguiente dosis óptima económica para el sitio 34.

$$N = 50 \text{ Kg/ha}$$

$$P_2O_5 = 0 \text{ Kg/ha}$$

$$D.S. = 130 \text{ Kg/ha}$$

Esta dosis encontrada reafirma la poca precisión del modelo matemático usado, aún cuando el valor de R^2 fue alto, ya que en el campo se observó que la respuesta a nitrógeno y fósforo fue mayor a 50 y 0 Kg/ha respectivamente, en cambio la dosis para densidad de siembra, resultó sobreestimada, saliéndose del espacio de exploración estudiado.

Ante esta situación, se decidió que la obtención de las D.O.E. se harían en base al método gráfico. Esta alternativa es factible realizarse debido a que la matriz experimental empleada permite el análisis gráfico.

5. Análisis Económico.

La bondad de la matriz utilizada permite llegar a la obtención de las dosis óptimas económicas tanto matemáticamente como gráficamente, de tal forma que cuando no es posible analizarlos matemáticamente debido a falta de ajuste en el modelo aproximativo propuesto como sucedió en este estudio, se tiene alternativa de -

emplear el método gráfico.

Para la obtención de las dosis óptimas por el método gráfico, procedimiento descrito en el Capítulo de Materiales y Métodos se procedió de la siguiente manera:

1. Se obtuvo la relación inversa de precios insumo-producto.

$$\frac{\text{Precio de 1 Kg de N}}{\text{Precio de 1 Kg de cebada}} \quad \frac{PN}{PC} = 2.57$$

$$\frac{\text{Precio de 1 Kg de P}_2\text{O}_5}{\text{Precio de 1 Kg de cebada}} \quad \frac{PP}{PC} = 2.60$$

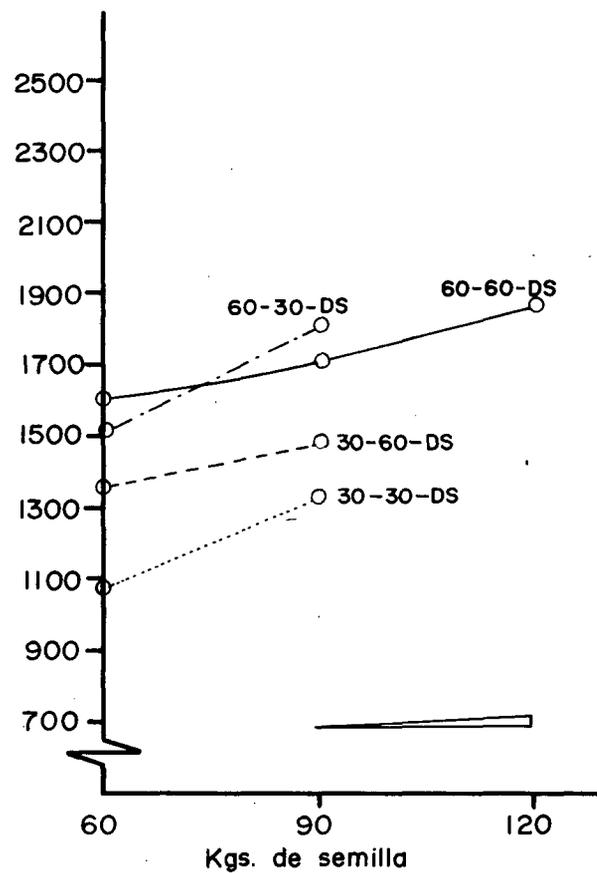
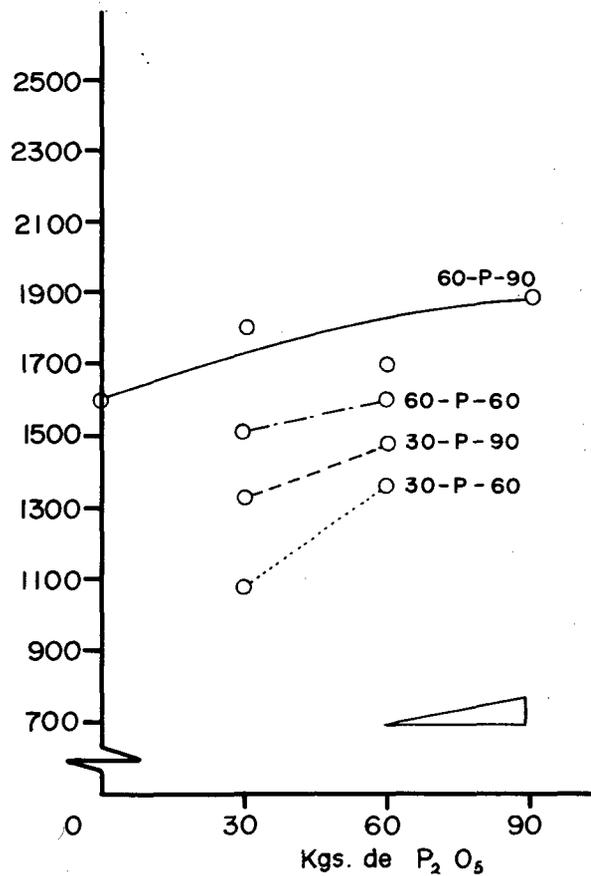
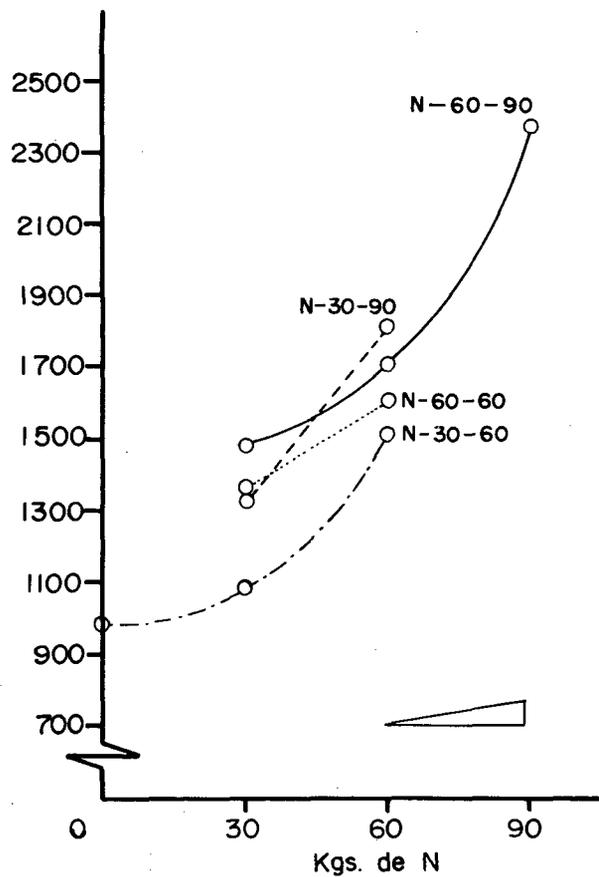
$$\frac{\text{Precio de 1 Kg de semilla}}{\text{Precio de 1 Kg de cebada}} \quad \frac{PS}{PC} = 1.25$$

Los cocientes así obtenidos son las pendientes y significan que 1 Kg de N, 1 Kg de P_2O_5 y 1 Kg de semilla valen lo mismo que 2.57, 2.60, 1.25 Kg de cebada, respectivamente.

Cada uno de estos valores se multiplica por 30 en este trabajo, que es el intervalo de unidades que existe entre dosis de cada factor en el espacio de exploración, el resultado es el siguiente para pagar 30 Kg de N, P_2O_5 y semilla se requieren de 77, 78 y 37.5 Kg de cebada, respectivamente.

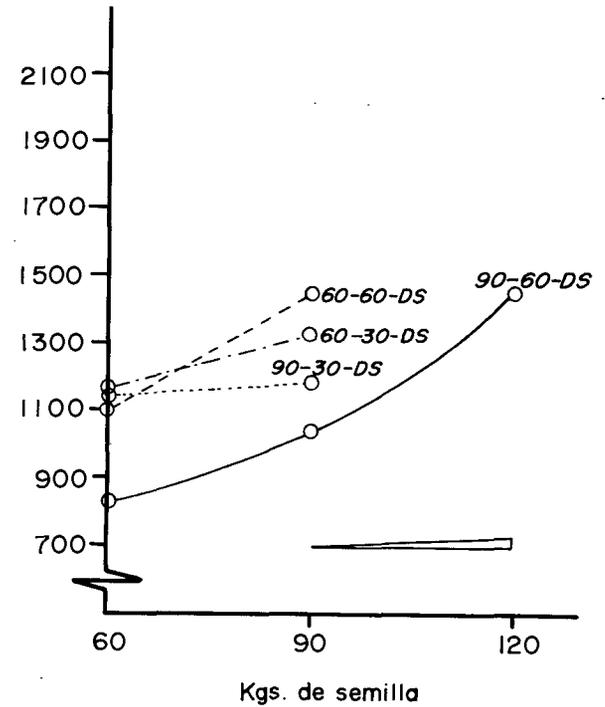
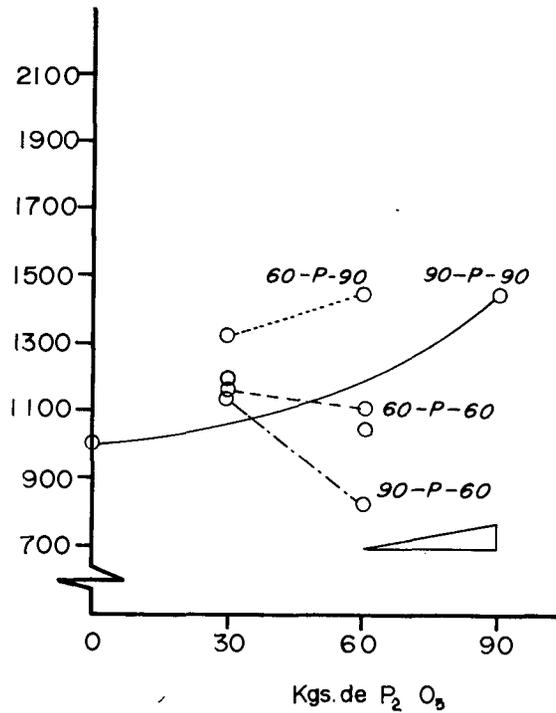
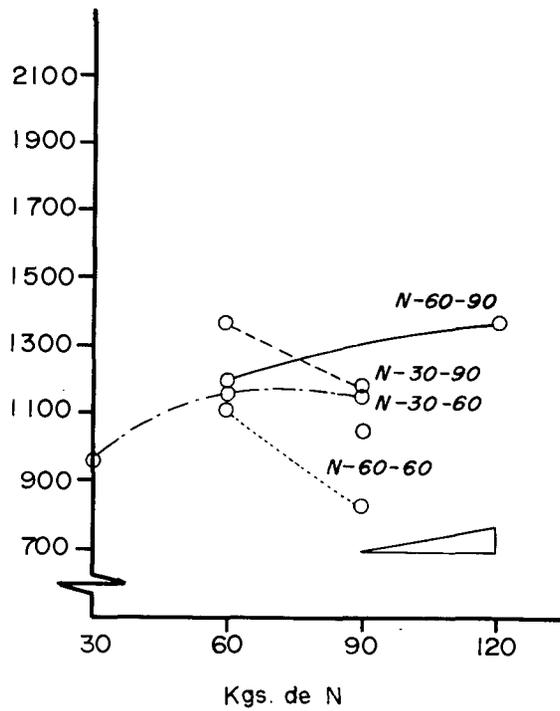
A continuación se dibujan sobre las gráficas de respuesta estas pendientes.

En las Figuras (4a y 4b) se observa que el correr las pendientes mencio



> 90-60-120

Fig. 4a. GRAFICA DE RESPUESTA A LOS FACTORES ESTUDIADOS EN EL SITIO EXPERIMENTAL 34 .



60 - 45 - 120

Fig. 4b. GRAFICA DE RESPUESTA A LOS FACTORES ESTUDIADOS EN EL SITIO EXPERIMENTAL 32 .

nadas, en el sentido de las curvas de respuesta se encontró: en los sitios ubicados en suelos delgados con pendiente las dosis óptimas económicas para nitrógeno, fósforo y densidad de siembra fueron: para el sitio 34, 90 Kg de N, 60 Kg de P_2O_5 y 120 Kg de semilla/ha, para el sitio 32 fue 60 Kg de N, 45 Kg de P_2O_5 y 120 Kg de semilla/ha.

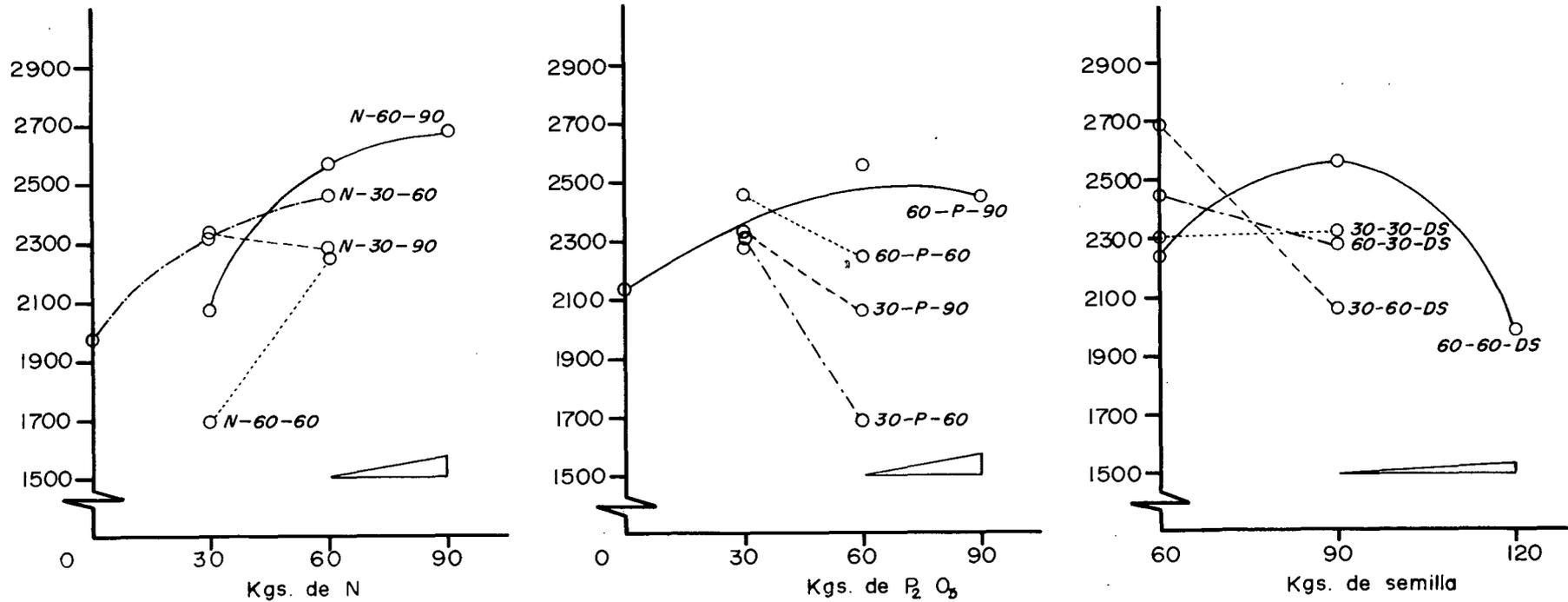
Se puede observar que la dosis óptima económica encontrada por el método matemático, subestimó las dosis de nitrógeno y fósforo en 40 y 60 Kg/ha, respectivamente, pero sobreestimó el nivel de densidad de siembra en 10 Kg/ha para este sitio. Debido a esto la recomendación será la obtenida por el método gráfico que muestra más precisión.

Para los sitios ubicados en suelos profundos y planos la dosis óptima económica fue:

Sitio 31 (Totolcingo) 90 Kg de N, 60 Kg de P_2O_5 y 90 Kg de semilla/ha, para el sitio 33 (Tezoyuca) fue 60 Kg de N, 0 Kg de P_2O_5 y 120 Kg de semilla. Figuras 4c y 4d.

Para dar las recomendaciones a nivel de sistemas de producción, es necesario agrupar aquellos sitios que se encuentran ubicados en la misma condición, de que se obtuvieron dos recomendaciones de producción:

- a) Para suelos someros y
- b) Para suelos profundos



90 - 60 - 90

Fig. 4c. GRAFICA DE RESPUESTA A LOS FACTORES ESTUDIADOS EN EL SITIO EXPERIMENTAL 31.

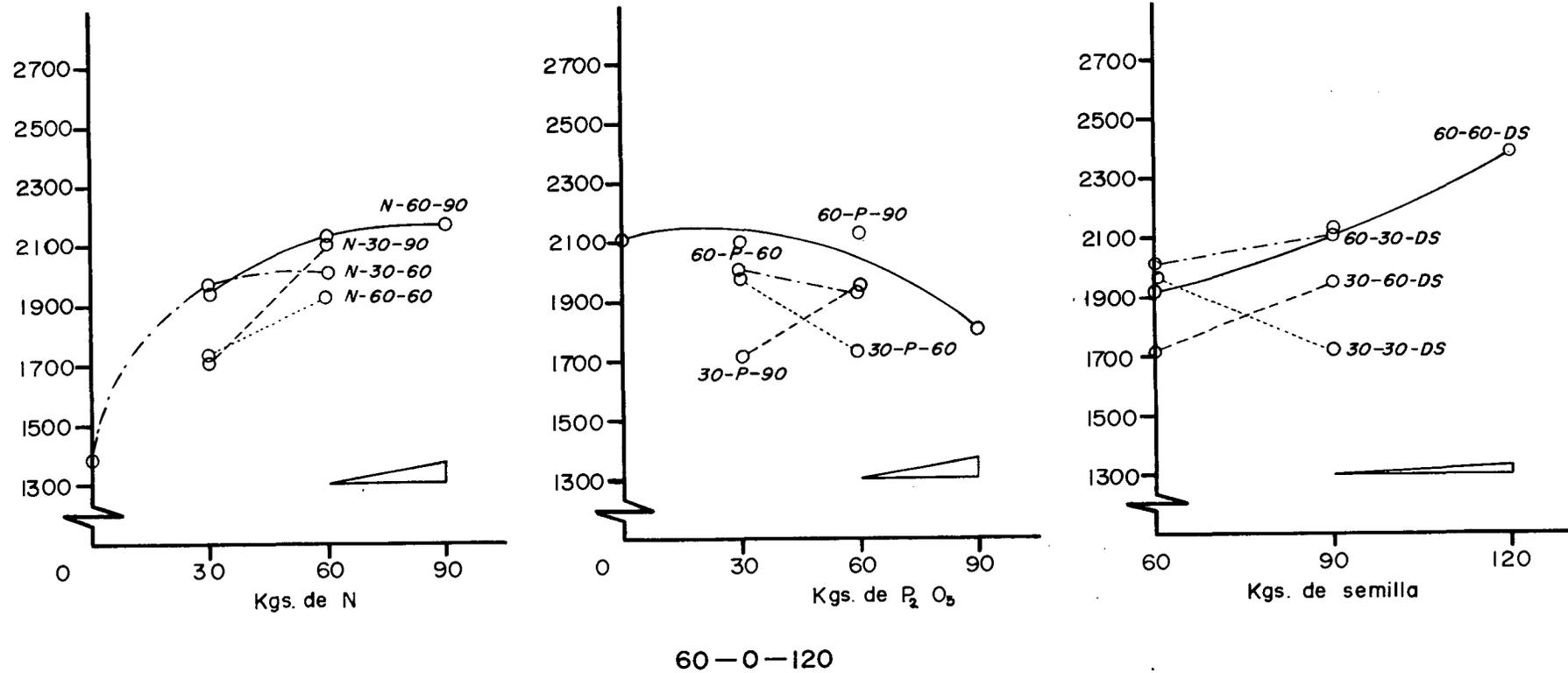


Fig. 4d. GRAFICA DE RESPUESTA A LOS FACTORES ESTUDIADOS EN EL SITIO EXPERIMENTAL 33.

El sistema de producción suelos someros tiene una dosis óptima económica de 90 Kg de N/ha, 60 Kg de P_2O_5 y 120 Kg de semilla/ha. Para este sistema la recomendación se basó en el experimento de Lomas de San Juan debido a que el lote de Tepetlaoxtoc no reportó datos confiables para incluirlos Figuras 4a y 4b.

Para el sistema de producción suelos profundos y planos la dosis óptima económica es 75 Kg de N, 30 Kg de P_2O_5 y 110 Kg de semilla/ha. Figuras 4c y 4d.

VI. RECOMENDACIONES DE PRODUCCION

Con la metodología empleada para los sistemas de producción estudiados, se encontró, que las dosis óptimas económicas son las siguientes:

a) Cuando se siembra cebada de la variedad Puebla en terrenos delgados con pendiente se encontró que la recomendación es: 90 Kg de N, 60 Kg de P_2O_5 y 120 Kg de semilla/ha.

b) Para terrenos situados en suelos profundos y planos la recomendación óptima es: 75 Kg de N, 30 Kg de P_2O_5 y 110 Kg de semilla/ha.

VII. CONCLUSIONES

Respuesta a las hipótesis planteadas en este trabajo se puede concluir lo siguiente:

1) De acuerdo a los rendimientos de grano de cebada, obtenidos en los cuatro ensayos estudiados, al aplicar diferentes niveles de fertilizantes nitrogenados, fósforo y densidad de siembra se concluye:

Que los niveles de fertilización que el agricultor utiliza para el cultivo de la cebada en la región Nor-oriental del Estado de México, limita la producción.

2) De acuerdo al ANOVA y D.M.S. realizado para la variable dependiente rendimiento de grano se puede concluir:

Que el cultivo de la cebada, responde a las aplicaciones de nitrógeno y fósforo en los dos sistemas de producción identificados en el área de estudio.

3) Al aplicar el nitrógeno en forma fraccionada, se pudo observar, que los rendimientos fueron más bajos que al hacer la aplicación total del nitrógeno al momento de la siembra, la cual indica que el cultivo de la cebada varía su rendimiento, con la oportunidad de aplicación del fertilizante nitrogenado.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las hipótesis planteadas al inicio de esta investigación no se pueden rechazar.

VIII. RESUMEN

En el ciclo agrícola 1974 se llevaron a cabo cuatro experimentos con cebada bajo condiciones de temporal en la zona Nor-oriental del Estado de México, con el objeto de encontrar las dosis óptimas económicas de N, P y D.S. para dos sistemas de producción:

- 1) Siembras sobre suelos someros con pendiente
- 2) Siembras sobre suelos profundos y planos

Para lograr lo anterior se plantearon las siguientes hipótesis:

- a) Los niveles de nitrógeno, fósforo y densidad de siembra para el cultivo de la cebada que utiliza el agricultor de la región limita la producción.
- b) Existe una recomendación óptima económica en términos de aplicación de nitrógeno y fósforo diferentes de cero, para el cultivo de la cebada en las diferentes condiciones de producción en la región Nor-oriental del Estado de México.
- c) La respuesta del cultivo de la cebada a las aplicaciones de nitrógeno se afecta con la oportunidad de su aplicación.

Para probar las hipótesis planteadas se utilizaron cuatro experimentos factoriales para observar las respuestas a N, P_2O_5 y D.S. y encontrar las D.O.E. de estos factores en los sistemas de producción ya mencionados.

Se probaron 16 tratamientos, 14 de la matriz y dos tratamientos accesorios, uno para observar la respuesta de la cebada a la época de aplicación del nitrógeno y el otro para observar el comportamiento de la variedad Celaya.

El espacio de exploración varió de acuerdo al sistema de producción: para suelos someros fue: para N de 30 a 120 Kg/ha, para fósforo de 0 a 90 Kg/ha y densidad de siembra de 60 a 120 Kg/ha, todos ellos a intervalos de 30 Kg. Para suelos profundos solamente varió el nitrógeno de 0 a 90 Kg/ha, los otros dos factores permanecieron igual que para suelos someros.

El ANOVA y las gráficas de respuesta de la variable rendimiento de grano indican: que la respuesta a los factores estudiados en suelos someros fueron: nitrógeno mayor a 90 Kg/ha, fósforo a 60 Kg/ha y densidad de siembra a 120 Kg/ha, mientras que en suelos profundos la respuesta a nitrógeno fue hasta 90 Kg/ha, fósforo a 60 Kg/ha y a D.S. a 120 Kg de semilla/ha.

Por medio del método gráfico se encontraron las D.O.E. para los dos sistemas de producción quedando de la manera siguiente:

a) Para siembras sobre suelos someros: 90 Kg de N, 60 Kg de P_2O_5 y 120 Kg de semilla/ha.

b) Para siembras sobre suelos profundos: 75 Kg de N, 30 Kg de P_2O_5 y 110 Kg de semilla/ha.

Según el procedimiento empleado en este estudio, estas son las D.O.E. que hacen máxima la ganancia, para condiciones de capital ilimitado.

Cuadro 11. Algunas características de los ensayos de productividad en cebada conducidos en 1974.

Exp. Núm.	Nombre del agricultor	Localidad	Municipio	Fechas de			No. de parcela
				Siembra	2a. Fert.	Cosecha	
34	E.N.A.	Chapingo	Tezcoco	Julio 1°	Agosto 6	Octubre 30	64
32	Raúl Ramírez	Tepetlaoxtoc	Tepetlaoxtoc	Junio 28	Agosto 2	Octubre 23	64
31	Jorge Corona	Totalcingo	Totalcingo	Agosto 10	Agosto 15	Octubre 16	64
33	Salvador Aguilar	Tezoyuca	Tezoyuca	Agosto 4	Agosto 4	Octubre 31	64

IX. BIBLIOGRAFIA

- Anaya, G.M. (1973). Influencia de la aplicación de fertilizante sobre el rendimiento y calidad de la zanahoria en suelos de Chapingo. Tesis de Maestro en Ciencias Agrícolas. Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, México.
- Aveldaño, S.R. (1974). Informe anual del programa de suelos del Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central. Mimeógrafo. I.N.I.A.-S.A.G. Chapingo, México.
- Cachón, L.E. (1973). Levantamiento detallado de suelos en la parte Norte de la zona de influencia de Chapingo. Tesis Profesional, E.N.A. - Chapingo, México.
- Centro de Investigaciones Agrícolas de la Mesa Central. (1972, 1973 y 1974). El cultivo de la cebada. Circulares CIAMEC Núm. 34, 39 y 49 - - I.N.I.A.-S.A.G. Chapingo, México.
- C.I.A.M.E.C. (1969-1970). Informe sobre los experimentos de cebada conducidos en el Estado de Tlaxcala. Mimeógrafo. I.N.I.A.-S.A.G. Chapingo, México.
- C.I.M.M.Y.T. (1974). Revisión de Programas. El Batán, México.
- García, E. (1968). Los climas del Valle de México según el sistema de clasificación climática de Koeppen modificado por la autora. Instituto de Geografía, U.N.A.M. Serie de sobretiros No. 6.
- Jauregui, O.E. (1968). Microclima de la región Puebla-Tlaxcala. Instituto de Geografía, U.N.A.M.
- Llerena, L.D. (1947). El distrito de conservación del suelo y agua de Chapingo. Tesis Profesional E.N.A. Chapingo, México.
- Matz, A.S., (1969). Cereal Science. West port connectiwt the avi publishing company, inc. London, England. Pag. 97-117.
- Mosser, F. (1961). Informe sobre la geología de la Cuenca del Valle de México y zonas colindantes. S.R.H.-C.H.C.U.M.
- Núñez, E.R. y R. Acosta (1972). Informe anual de actividades del programa cooperativo C.P.-C.I.A.S.E.E.M. sobre productividad de suelos. Mimeógrafo. Rama de Suelos, C.P.-E.N.A. Chapingo, México.

- Núñez, E.R. (1973). Informe anual de actividades del programa cooperativo C.P.-C.I.A.S.E.E.M. sobre productividad de suelos. Mimeógrafo. C.P.-E.N.A. Chapingo, México.
- Ortíz, C.A. (1974). Evaluación de tierras según su producción de maíz en el área de influencia de Chapingo. Tesis de Maestro en Ciencias Agrícolas Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, México.
- Poelhman, J.M. (1973). Mejoramiento genético de las cosechas. 3a. reimpresión. Editorial Limusa, México, D.F. pág. 173-195.
- Platero, E.O. (1975). Análisis de rendimiento de grano y económico de las asociaciones maíz-frijol en la región Este del Valle de México. Tesis de Maestro en Ciencias Agrícolas. Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, México.
- Prats, J. y M. Clément-Grandcourt (1969). Los cereales, Ediciones Mundi-prensa Madrid, España. pág. 233-272.
- Reiche, C. (1963). Flora excursionaria en el Valle Central de México. Instituto Politécnico Nacional. México, D.F.
- Rezedowski, A. (1957). Relaciones geográficas y orígenes de la flora de México. Boletín 29 de la Soc. Botánica de México, Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, México.
- Riojas, G.E. (1966). Estudio genético del carácter raquis fuerte en las variedades de cebada Atlas 54 y Toluca I. Tesis de Maestro en Ciencias Agrícolas, Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, México.
- Rivera, D.M. (1975). Estudio de las propiedades mineralógicas y termodinámicas de los sedimentos superficiales del ex-lago de Tezcoco, México. Tesis de Maestro en Ciencias Agrícolas, Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, México.
- Torres, B. J. (1972). Correlación y calibración de diferentes métodos químicos para fósforo asimilable en los suelos de la zona de influencia de Chapingo. Tesis de Maestro en Ciencias Agrícolas, Colegio de Postgraduados, - E.N.A. Chapingo, México.
- Turrent, A. y R.J. Laird (1975). Matrices Plan Puebla. Escritos sobre la metodología de la producción. Mimeógrafo. Rama de Suelos, Colegio de Postgraduados, E.N.A. Chapingo, México.
- Valdivieso, E.D. (1948). Experimentación de cebada en los Llanos de Apan, Hgo. Tesis Profesional, E.N.A. Chapingo, México.

- Villalpando, I.F. (1972). Informe del programa de suelos del Centro de Investigación Agrícola de la Mesa Central. Mimeógrafo. I.N.I.A.-S.A.G. Chapingo, México.
- Villarreal, G.R. (1959). Densidad de siembra y diferentes niveles de nitrógeno en el cultivo de la cebada. Tesis Profesional, E.N.A. Chapingo, México.