

F 504

FECHA DE REGISTRO	
NUM. DE INVENTARIO	00934-T
PRESENCIA	
NOM. DE CLASIFICACION	SB
PRECIO	191.05
OTRO	.P34

1782
C.3

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA
" ANTONIO NARRO "

DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA DE LA
FERTILIZACION NITROGENADA Y FOSFATADA BAJO DIFERENTE
NUMERO DE RIEGOS PARA TRIGO DE CICLO INTERMEDIO EN
LA REGION NORTE DE COAHUILA

ARTURO PALACIOS PEREZ

T E S I S

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE

MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALISTA EN SUELOS

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



T00934
CID UAAAN

BIBLIOTECA

ESTA TESIS FUE REALIZADA BAJO LA DIRECCION DEL COMITE PARTICULAR INDICADO, HA SIDO APROBADA POR EL MISMO Y ACEPTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA LA OBTENCION DEL GRADO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALISTA EN SUELOS

Saltillo, Coahuila, Septiembre de 1982.

COMITE PARTICULAR

ASESOR PRINCIPAL

ING. M.C. ROMMEL DE LA GARZA G.

ASESOR

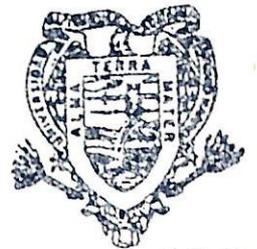
DR. EDUARDO A. NARRO FARIAS

ASESOR

ING. M.C. EDMUNDO TORRES RUIZ

Subdirección de Asuntos de Postgrado
Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"
SUBDIRECTOR DE ASUNTOS DE POSTGRADO

DR. JESUS TORRALBA ELGUEZABAL



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

BIBLIOTECA

00934-T

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. M.C. Rommel de la Garza Garza, por su orientación desde el inicio del trabajo de campo, elaboración de la tesis y culminación del mismo.

Al Dr. Eduardo A. Narro Farías e Ing. M.C. Edmundo Torres Ruiz, por la revisión del escrito y sugerencias al mismo.

Al personal del Campo Agrícola Experimental de Zaragoza, Coahuila y del laboratorio de suelos de la U.A.A.A.N. por las facilidades prestadas para la realización del presente trabajo.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas y al CONACYT por su apoyo económico que hizo posible la obtención de mi preparación.

DEDICATORIA

A MI ESPOSA:

Auria del Carmen

A MIS HIJOS:

Beatriz del Carmen

Con amor por su lealtad y cariño

A MIS PADRES:

Con cariño y gratitud por su apoyo

A MIS HERMANOS:

Por su comprensión

A MIS AMIGOS Y MAESTROS

TABLA DE CONTENIDO

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. REVISION DE LITERATURA	3
1.- Respuesta del cultivo a la aplicación de - nitrógeno	3
2.- Respuesta del cultivo a la aplicación de - fósforo	8
3.- Respuesta del cultivo a la aplicación nitro- geno-fósforo	9
4.- Respuesta del cultivo a la aplicación de - potasio	13
5.- Respuesta del cultivo a las aplicaciones de zinc	14
6.- Respuesta del cultivo a la humedad	15
7.- Conclusiones de la revisión de literatura	17
7.1.- Respuesta a nitrógeno	17
7.2.- Respuesta a fósforo	18
7.3.- Respuesta a potasio	18
7.4.- Respuesta a elementos menores	19
7.5.- Respuesta a la humedad	19
III. DESCRIPCION DE LA ZONA	20
1.- Localización geográfica	20
2.- Clima	20
3.- Suelos y vegetación	21
4.- Agua	21
IV. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS	23
V. MATERIALES Y METODOS	25

1.- Localización del sitio experimental	25
2.- Descripción del experimento	25
2.1.- Preparación del terreno	25
2.2.- Muestreo del suelo	25
2.3.- Agua	26
2.4.- Diseño experimental y tratamientos .	28
2.5.- Espacios de exploración, niveles usa dos y fuentes nutrimentales.	29
2.6.- Tamaño de la parcela experimental .	30
2.7.- Siembra y fertilización	30
2.8.- Manejo del agua	31
2.9.- Sanidad del cultivo	31
2.10.- Parámetros medidos	31
2.10.1 Altura de la planta	32
2.10.2 Longitud de hoja bandera . .	32
2.10.3 Longitud de espiga	32
2.10.4 Rendimiento	32
2.11.- Análisis estadístico	33
2.12.- Análisis económico	34
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	36
1.- Análisis del suelo	36
2.- Rendimiento de trigo	36
3.- Análisis de varianza para cada uno de los - parámetros medidos en el cultivo del trigo.	42
3.1.- Análisis de varianza para rendimiento	42
3.2.- Análisis de varianza para altura fi- nal	42
3.3.- Análisis de varianza para longitud de espiga	43

	Página
3.4.- Análisis de varianza para longitud de hoja bandera	43
4.- Efecto de los factores de la producción - sobre el rendimiento de grano	44
4.1.- Efecto del nitrógeno sobre la producción de grano	44
4.2.- Efecto del fósforo sobre la producción de grano	46
4.3.- Efecto de la humedad sobre la producción de grano	48
5.- Efecto de los factores de la producción sobre otros parámetros	49
5.1.- Efecto de los factores sobre altura de la planta	49
5.2.- Efecto de los factores sobre la longitud de espiga	50
5.3.- Efecto de los factores sobre longitud de hoja bandera	52
6.- Determinación de la DOE	53
6.1.- Análisis económico	54
6.2.- Análisis gráfico	55
VII. CONCLUSIONES	58
VIII. RESUMEN	61
IX. BIBLIOGRAFIA	64

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS DEL CONTENIDO

Cuadro No.		Página
1	Determinaciones fisico-químicas realizadas a las muestras de suelo del presente estudio y los métodos correspondientes.	26
2	Relación de tratamientos correspondientes a la matriz Plan Puebla I para dos factores.	29
3	Costo de insumos y precios del trigo que se utilizaron para la obtención de la dosis óptimas económicas de fertilizantes. 1982. SARH-UAAAN-INIA-CIAN-CAEZAR.	34
4	Algunas de las características fisico-químicas más comunes del suelo donde se estableció el experimento, en Zaragoza, Coahuila. 1981-82.	37
5	Erecto de las dosis de nitrógeno y fósforo con diferente número de riegos y sobre algunos parámetros de la producción del trigo en Zaragoza, Coahuila. 1981-82.	38
Figura		
No.		
1	Ubicación del Municipio de Zaragoza y el sitio experimental dentro del mismo. 1981-82.	22
2	Representación esquemática de la respuesta del cultivo de trigo a la aplicación de nitrógeno y fósforo con un riego. 1981-82.	39
3	Representación esquemática de la respuesta del cultivo del trigo a la aplicación de nitrógeno y fósforo con dos riegos. 1981-82.	40

INDICE DEL APENDICE

Cuadro No.		Página
1A	Labores llevadas a cabo durante el desarrollo del cultivo de trigo, ciclo otoño-invierno (1981-82) en el municipio de Zaragoza, Coahuila SARH-UAAAN-INIA.	68
2A	Análisis de varianza realizado a la variable rendimiento, para el cultivo de trigo en Zaragoza, Coahuila. Ciclo invierno 1981-82.	69
3A	Análisis económico de la respuesta de los tratamientos de la parcela chica.	70
4A	Análisis económico de la respuesta de los tratamientos de la parcela chica.	71
5A	Análisis de varianza realizado a la variable altura final en trigo en Zaragoza, Coahuila. 1981-82.	72
6A	Análisis de varianza, para la variable altura final en trigo en Zaragoza, Coahuila. 1981-82.	72
7A	Análisis de varianza realizado a la variable longitud de espiga en el cultivo de trigo en Zaragoza, Coahuila. Ciclo invierno 1981-82.	73
8A	Análisis de varianza para la variable longitud de espiga en trigo en Zaragoza, Coahuila. Ciclo invierno 1981-82.	73
9A	Análisis de varianza realizado a la variable longitud de hoja bandera en el cultivo del <u>trigo</u> en Zaragoza, Coahuila. Ciclo invierno 1981-82.	74

Cuadro No.		Página
10A	Análisis de varianza realizado a la variable longitud de hoja bandera en el cultivo del trigo en Zaragoza, Coahuila. Ciclo invierno 1981-82.	74

INDICE DE FIGURAS DEL APENDICE

Figura No.		Página
1A	Croquis de distribución de tratamientos de fertilizantes y número de riegos Zaragoza, Coahuila, 1981-82.	75

I. INTRODUCCION

Entre los cultivos de mayor importancia para la dieta humana, se encuentra el trigo, el cual ocupa uno de los primeros lugares en cuanto a superficie sembrada se refiere. En América Latina Tropical, los cereales se encuentran en primer lugar con 35.3 millones de hectáreas, ocupando el trigo el tercer lugar, superado solamente por el maíz y el arroz, (9).

La superficie del trigo sembrada en todo el mundo es de aproximadamente 225 millones de hectáreas, con un volumen de producción aproximado de 360 millones de toneladas.

Una de las zonas trigueras por excelencia es el norte del país y Coahuila es uno de los estados que contribuye a la producción nacional de este cereal.

En el norte de Coahuila se siembra una superficie de trigo de aproximadamente 12,000 hectáreas, con un rendimiento medio de 1.5 ton/ha, considerándose bajo, respecto a la media nacional en condiciones de riego que es de 4.5 ton/ha (26); de la superficie anteriormente citada, la mayor parte es de riego y una mínima proporción de temporal.

En Zaragoza, Coahuila, uno de los problemas que afronta la producción agrícola es el sistema de distribución del -- agua, la cual se hace por tandeos principalmente cada 15 ó 17 días, además de que los productores no cuentan con un número de horas de agua uniforme, por lo que se ven obligados a proporcio

nar un número de riegos diferente, que aunado al desconocimiento de una dosis adecuada de fertilización, trae como consecuencia la obtención de rendimientos muy bajos.

Actualmente se hace una fertilización general para las diferentes condiciones de humedad, por lo que es de suponerse que se está haciendo un uso inadecuado de los fertilizantes, ya que las necesidades del cultivo serán diferentes según sean las condiciones de humedad.

En general se considera que los suelos de esta región son de una fertilidad de media a pobre, por lo que se estima que la aplicación de fertilizantes químicos sería una de las alternativas para tratar de obtener una producción mayor por unidad de superficie.

La recomendación que ha usado el productor, fue generada en otros ambientes, bajo otras condiciones de suelo y clima, por lo que es de gran importancia el establecimiento de estos trabajos tendientes a la obtención de la dosis óptima económica de fertilizantes, para las condiciones climatológicas y disponibilidad de agua de la zona de Zaragoza, Coahuila y contribuir en parte a la obtención de mejores rendimientos.

II. REVISION DE LITERATURA

Los cereales cultivados para producción de grano requieren de un suministro moderado de nitrógeno, ya que una elevada cantidad de este elemento produce una gran cantidad de paja. El desarrollo excesivo de la paja provoca la susceptibilidad del cultivo al acame, además de que puede retrasar el momento de la maduración. Estos efectos perjudiciales pueden subsanarse, mediante la utilización de variedades de paja corta, o bien mediante la aplicación de cantidades elevadas de nitrógeno, pero retrasando la aplicación lo más que se pueda. Watson citado por Russell (21), encontró que el retraso en el momento de la aplicación del nitrógeno en cobertura, escasamente afecta el rendimiento de grano, pero reduce apreciablemente la proporción de proteína.

1.- Respuesta del cultivo a la aplicación de nitrógeno.

Las plantas absorben el nitrógeno en forma de iones amonio y nitrato, los cuales pueden ser utilizados con igual facilidad, la diferencia estriba en que todo el nitrato se encuentra disuelto en la solución del suelo, por el contrario si el suelo contiene mucha arcilla o humus, una gran cantidad de amonio se encontrará como catión en la fase de cambio. Por esta razón los nitratos son los de más rápida acción, ésto pudiera ser importante, pero los iones amonio añadidos al suelo se oxidan rápidamente a nitratos.

Los cultivos que responden a la fertilización nitrógenada, almacenan en sus tejidos entre $1/3$ y $1/2$ del nitrógeno añadido como amonio y una proporción mayor a la aplicada como nitratos. El resto se pierde para el cultivo y para el suelo por lixiviación.

Laird et al citados por Cox, Kamrath y Lutz (9), en la región central de México, encontraron que limpiando el terreno ya sea quemando o removiendo previamente los residuos de la cosecha, decrecieron las cantidades de nitrógeno necesarias para la obtención de óptimos rendimientos hasta en un 20 %.

Ramírez et al citados por Cox, Kamrath y Lutz (9), en 16 ensayos conducidos en Bolivia, observaron respuesta lineal a cantidades superiores a 90 kg de N/ha.

En latozoles amarillos del sur de Sao Paulo, Brasil, Jorge et al (9), observaron pequeña o ninguna respuesta a nitrógeno en áreas con rendimientos máximos de 2.0 Ton/ha.

En Marruecos (2), donde la precipitación es alta, lo cual propicia la lixiviación, los experimentos consistieron en aplicaciones altas de nitrógeno en forma dividida. La respuesta varió de acuerdo al cultivo anterior, y fluctuaron desde 40 kg/ha en unos lugares hasta 120 kg/ha en otros. En la zona centro, para trigo después de leguminosas la respuesta fue de 40 kg/ha, además de que debe hacerse de acuerdo a la disponibilidad de agua. Para trigo después de remolacha azucarera, abonos verdes, leguminosas y barbecho, los requerimientos van

de 60 a 100 kg/ha, para trigo después de cereales de invierno y para leguminosas varió de 60 a 120 kg/ha.

En turquía (2), la dosis de nitrógeno aplicado es de 40 kg/ha para la variedad local de porte alto, ya que una dosis de 60 kg/ha para ésta variedad, produce el acamado de la misma.

El tiempo de aplicación es importante en el desarrollo del trigo y algunos trabajos al respecto han demostrado que con la aplicación fraccionada se obtienen ligeros incrementos en rendimiento, en comparación con la aplicación total antes de la siembra, lo cual puede deberse a una lixiviación causada por una primavera larga y húmeda y también a la textura ligera de los suelos.

Eck y Stewart, citados por Torres y Ortega (25), trabajando en el oeste de Oklahoma, encontraron respuesta a la aplicación de nitrógeno, y la dosis óptima económica fue de 45 kg/ha, con aumentos de rendimiento hasta de 0.670 ton/ha.

Guerrero, citado por Briones y Aguilar (5), durante los ciclos agrícolas 1961-62 y 1962-63, en el Valle de Mexicali, para la rotación trigo-trigo, no encontró respuesta a fósforo ni a potasio, sin embargo al fertilizar con nitrógeno sí se obtuvo respuesta en ocho lotes experimentales con suelos sin fertilizar que producían 1.8 ton/ha, encontró respuesta al aplicar 80 kg de N/ha, produciéndose incrementos en los rendimientos del orden de 1.02 a 1.66 ton/ha.

Anaya, citado por Briones y Aguilar (5), en 16 lotes experimentales con fertilizantes en trigo en la Comarca Lagunera, en zonas de influencia aluvial, para la rotación algodón-trigo-descanso, alfalfa-algodón-trigo y algodón-trigo-incorporación de avena, la dosis de 80 kg de N/ha, produjo incrementos en los rendimientos de grano del orden de 1.12 a 1.70 ton/ha.

Torres y Alvarado (24), estudiando inhibidores de la nitrificación (N-Serve), encontraron que con 109 kg de N/ha más un litro de N-Serve, el rendimiento fue estadísticamente igual al obtenido con 150 kg de N/ha sin N-Serve, además experimentalmente encontraron que tanto el sulfato de amonio como el amoníaco anhidro, fueron estadísticamente iguales en rendimiento y contenido de proteína, sin embargo, debido a las limitaciones de equipo para el amoníaco anhidro, se prefiere el sulfato de amonio para la aplicación de 150 kg de N/ha sin N-Serve.

Arvizu y Laird, citados por Torres y Ortega (25), encontraron en el Valle del Yaqui, que para trigo después de trigo en el área de Valle Viejo, la mejor fertilización nitrogenada fue de 60 kg/ha reportando rendimientos adicionales hasta de 0.5 ton/ha. Para la rotación algodón - trigo, la aplicación de 100 kg de N/ha, aumentó los rendimientos en 2.0 ton/ha, no así en Valle Nuevo, donde en ninguna de las dos rotaciones anteriores, se requirió de nitrógeno ni fósforo para la producción de trigo.

Jarero y Ortega, citados por Torres y Ortega (25),

en trabajos realizados en el ciclo de invierno 1966-67, en el Valle del Fuerte, para conocer la respuesta del trigo a la aplicación de fertilizantes, encontraron que en suelos pesados y en siembras de trigo después de soya, debía fertilizarse con 80 kg de N/ha, mientras que en trigo precedido del cultivo de arroz, se debía fertilizar con 100 kg de N/ha.

Aguilar (25), estableció algunos trabajos para conocer la respuesta del cultivo de trigo a la aplicación de nitrógeno en forma de sulfato de amonio en cuanto a calidad y rendimiento en los estados de Michoacán y Guanajuato, de los cuales concluye que en general la aplicación de nitrógeno aumenta el contenido de proteína del grano a medida que aumenta la dosis de 120 a 180 kg de N/ha.

Ortega (25), en trabajos realizados en los estados de Sonora y Baja California, encontró que el contenido de proteína se incrementó a medida que se aumentaba la aplicación de nitrógeno, ya sea al suelo o al follaje, pero al satisfacer la planta sus necesidades de este elemento, una aplicación adicional, disminuye el rendimiento.

Chavéz (25), trabajando en los estados de Jalisco, Aguascalientes, Puebla y Guanajuato, demostró que el contenido de proteína en el grano aumentaba a partir de la aplicación de 80 kg de N/ha.

Lee (14), trabajando en la zona de Cardenas-Barranco Blanco, Chihuahua, encontró que la dosis óptima para nitrógeno

varió de 130 a 150 kg de N/ha y la respuesta estuvo de acuerdo al tipo de suelo y cultivo anterior, no se reportó respuesta a fósforo. Para la subzona de Labores Viejas se detectaron respuestas a la aplicación de nitrógeno, y la dosis óptima económica varió de 50 a 70 kg/ha.

Lee (15), en la zona de Cárdenas-Barranco Blanco, para trigo después de soya, encontró que se debe fertilizar con 110-0-0 para suelos de textura franca y arcillosa. En cuanto a las aplicaciones de fósforo no se obtuvo respuesta.

Oria (5), en terrenos arcillosos de Villa Unión, Coahuila encontró que la variedad Cajeme respondió a dosis entre 52 y 89 kg de N/ha, atribuyendo esta variación a la fecha de siembra; la densidad de siembra utilizada fue de 100 kg de semilla por hectárea.

Oria (5), en cinco lotes experimentales, establecidos en Villa Unión, Allende y Nava, incluyendo dos en el Campo Agrícola Experimental de Zaragoza, Coahuila, encontró que los tratamientos 80-0-0 y 40-80-0, incrementaron los rendimientos de grano en 1.2 ton/ha en relación al testigo, siendo más conveniente el primero por económico.

2.- Respuesta del cultivo a la aplicación de fósforo.

En general los cereales que padecen deficiencia de fósforo se ven retrasados en todas las etapas de su ciclo vegetativo, desde la emergencia de la segunda hoja hasta su ma-

duración, su sistema radicular raquíptico, pero más aun sus tallos y hojas las cuales adquieren un color verde-grisáceo, produciendo a menudo un pigmento violáceo en la base, la relación grano-paja no se ve afectada, salvo en casos muy extremos.

Vega et al, citados por Cox, Kamprath y Lutz (9), encontró en suelos de sabana de Bogotá, que los mejores rendimientos fueron obtenidos con la aplicación de 160 kg de P_2O_5 /ha.

Estudios realizados en el Sur de Sao Paulo, Brasil, reportaron que los mejores rendimientos de trigo fueron obtenidos con la aplicación de 240 kg de P_2O_5 /ha.

Verdade et al, citados por Cox, Kamprath y Lutz (9), después de analizar 217 experimentos con algodón en Terra Roxa y Massapé Salmourao en Brasil, los niveles para análisis de suelo fueron establecidos utilizando una solución de ácido sulfúrico 0.05 N, para suelo arenoso los niveles fueron, nivel bajo (0 a 7 ppm), medio (7 a 14 ppm) y alto (más de 14 ppm), mientras que para suelos arcillosos los niveles fueron: bajo (0 a 17 ppm) y alto (más de 17 ppm).

3.- Respuesta del cultivo a la interacción nitrógeno-fósforo.

Qualset et al, citados por García y Torres (12), trabajando en Baja California con la variedad Inia R-66 e Inia F-66, obtuvieron rendimientos de grano desde 1681 a 7487 kg/ha, siendo mayor el rendimiento en Inia R-66 en un 6.2 % con respecto a Inia F-66.

González, citado por García y Torres (12), en el Valle de México, trabajó con la variedad o genotipo Inia F-66, encontró respuesta desde 149 a 183 kg de N/ha y 43 kg de P_2O_5 /ha, con rendimientos superiores a 5.42 ton/ha.

Investigaciones realizadas en Argelia (2), demuestran que las aplicaciones de fertilizantes varían entre 55 y 90 kg de N/ha y de 45 a 90 kg de P_2O_5 /ha, en las áreas de alta y baja precipitación respectivamente, con aplicaciones divididas de nitrógeno.

Algunas pruebas realizadas en Pakistán (2), demostraron que la aplicación de 100 kg de N/ha, aumentó los rendimientos sólo entre 400 y 600 kg de grano por hectárea con relación al testigo, mientras que 60 kg de N/ha con 40 kg de P_2O_5 /ha aumentaron los rendimientos de grano entre 100 y 150 % en relación al testigo, los rendimientos fluctuaron entre 7.2 y 8.5 ton/ha.

Rodríguez y Torres (2), trabajaron con la variedad comercial Tesopaco S-76 cuyas características son las siguientes, gluten suave y es utilizada en la industria galletera, fue objeto de investigación con fertilizantes. El rendimiento se vio favorecido por la aplicación de nitrógeno, pero el máximo rendimiento (5,2 ton/ha), se obtuvo con la interacción nitrógeno-fósforo. La dosis óptima económica de fertilizantes fue de 161 y 173 kg/ha de nitrógeno y fósforo, respectivamente.

Briones y Aguilar (5), en la Comarca Lagunera, encontraron que para la rotación algodón-trigo-sorgo para grano, la

mejor dosis fue 120 kg de N/ha con 40 kg de P_2O_5 /ha, con incrementos de grano de 1.90 ton/ha.

De Anda (10), experimentando con trigo en el Valle de Mexicali, encontró en cuatro de seis experimentos una respuesta favorable con 200 kg de N/ha con 50 kg de P_2O_5 /ha; y en los experimentos restantes sólo encontró respuesta a 100 kg de N/ha.

García y Torres (12), trabajando en el Valle de Mexicali, con diferentes niveles de nitrógeno y fósforo y cuatro variedades de trigo, las cuales fueron Inia F-66, Saric F-70, Cajeme F-71 y Yecora F-70, encontraron que con dosis de 120 a 240 kg de N/ha se redujo el número de espigas por metro cuadrado. Sin embargo, cuando el nitrógeno se aplicó combinado con el fósforo, hubo un incremento significativo en el número de espigas por metro cuadrado. El rendimiento de grano no mostró incremento con 120 a 240 kg de N/ha, en ninguna de las variedades, mientras que con sólo 50 kg de P_2O_5 /ha el rendimiento se incrementó en 2.0 ton/ha. Con la interacción nitrógeno-fósforo, el rendimiento se incrementó de 2.8 a más de 7.0 ton/ha en Saric F-70 y Cajeme F-71. El contenido de proteína se incrementó en relación directa al aumento de la dosis de nitrógeno.

Rodríguez y Torres (20), durante el ciclo 1978-79, encontraron una respuesta favorable a la aplicación de nitrógeno obteniendo rendimientos hasta de 4.8 ton/ha con 180 kg de N/ha: con esa misma dosis de nitrógeno, más de 60 kg de

P_2O_5 /ha se obtuvieron rendimientos hasta de 5.3 ton/ha. Sin embargo, el rendimiento no se vió afectado si la cantidad de fósforo sobrepasaba los 60 kg/ha.

Chávez y Laird, citados por Torres y Ortega (25), en suelos aluviales del Río Lerma en el Bajío, encontraron que el cultivo del trigo precedido por siembras de maíz, frijol, papa o jitomate, presentó buena respuesta a la fertilización nitrogenada en diez de doce sitios, en donde el rendimiento medio del testigo fue de 1.72 ton/ha y con la aplicación de sólo 80 kg de N/ha se obtuvo un incremento de 1.36 ton/ha con relación al testigo. La aplicación de fósforo a razón de 40 kg/ha incrementó en 0.66 ton/ha.

Lee (15), en la zona de Delicias-Cuatro Vientos, para trigo después de algodón, encontró que debe fertilizarse con la dosis 130-30-0; en ninguna de las zonas de estudio se reportó respuesta a potasio.

González y Aguilar (13), con varios años de investigación concluyen que para cualquier zona del área de influencia del Campo Agrícola Experimental de Delicias, Chihuahua, la aplicación de fósforo no debe ser superior de 80 kg/ha.

Rojas, citado por Briones y Aguilar (5), estableció cuatro experimentos de fertilización en el norte de Coahuila, con la variedad Nadadores M-63 en rotación de trigo-descanso-trigo, y encontró que el tratamiento 50-50-0 incrementó los rendimientos en 1.0 ton/ha sobre el testigo.

Oria, citado por Briones y Aguilar (5), encontró en suelos arcillosos del centro-norte de Coahuila, con la tecnología utilizada por el agricultor con las variedades Nadadores M-67, Jupateco F-73 y Cajeme F-71, que para rotaciones de trigo-descanso-trigo y para trigo después de sorgo la dosis óptima económica fue de 40-80-0 para el primer caso y para el otro fue de 40-40-0.

Briones y Aguilar (5), encontraron en la región de Zaragoza, Coahuila, que la aplicación de fósforo en forma individual no incrementa el rendimiento, sin embargo, la aplicación conjunta de nitrógeno y fósforo incrementa la producción de grano, encontrando que para esta zona la mejor combinación fue de 40-40-0. Analizando los estudios realizados en Morelos, Nava y Zaragoza, Coahuila, la recomendación media para estos tres sitios es de 80-40-0.

4.- Respuesta del cultivo a la aplicación de potasio.

En experimentos realizados por el Instituto de Investigaciones Agrícolas de Dholi India (18), durante 1976-77, en un suelo limo-arenoso en el cual se estudió la interacción entre el zinc y el potasio, con cuatro niveles de potasio y tres de zinc, los cuales fueron 0, 40, 80 y 120 en forma de cloruro de potasio y 0, 12.5 y 25 kg/ha en forma de sulfato de zinc. Después de analizar estadísticamente los resultados se obtuvo una interacción positiva entre éstos dos elementos a un nivel de 80 kg/ha de potasio, con 12.5 kg de zinc por

hectárea, los cuales fueron estadísticamente iguales entre sí y diferentes al resto, mientras que los mismos niveles de zinc pero con 120 kg de potasio reportaron una reducción en el rendimiento.

5.- Respuesta del cultivo a las aplicaciones de zinc.

Takkar y Mann (23), realizaron estudios en la India, donde es muy generalizada la deficiencia de zinc, y se aplican de 2 a 20 kg/ha de este elemento en la mayoría de los cultivos. Para determinar los niveles tóxicos se estableció un experimento de invernadero con los cultivos de maíz y trigo, para lo cual se usaron macetas con tres kg de suelo en c/u. Dicho suelo tenía una disponibilidad de zinc de 0.4 a 109 ppm, a las macetas se les trató con 0, 6, 25, 12.5, 25, 50, 100, 200, 400 y 800 ppm de zinc, estos niveles fueron estudiados para maíz, mientras que para el trigo se estudió el efecto residual de zinc en el suelo, de acuerdo a los resultados obtenidos se observó que el rendimiento de trigo decreció a medida que aumentó el nivel residual de zinc, a un nivel superior de 7.0 ppm, lo cual se asoció con un incremento de la concentración de zinc en los tejidos, sin embargo los síntomas de toxicidad no fueron notados a ningún nivel de aplicación. El rendimiento decreció a una concentración superior a 66 ppm en el grano y paja. Los niveles críticos de zinc encontrados fueron de 7 ppm en el suelo y 60 ppm en la planta, niveles superiores a éstos causan toxicidad en la planta.

6.- Respuesta del cultivo a la humedad.

El esfuerzo que la planta tiene que hacer para obtener el agua del suelo, depende del potencial hídrico que éste tenga, además de otros factores que definen la resistencia del paso del agua del suelo a las raíces.

Hay numerosos estudios que demuestran que la planta disminuye su desarrollo al aumentar el esfuerzo de humedad del suelo.

Cuando los poros del suelo se llenan de agua y expulsan el aire, la disminución en el desarrollo se debe a una falta de oxígeno para la respiración de las raíces y a un aumento en la concentración de bióxido de carbono, rebasando eventualmente los límites tóxicos.

Peterson y Ballard, citados por Thorne y Peterson (22), trabajando con maíz dulce para forraje en un suelo migajón arcilloso, en un segundo año después de alfalfa, encontraron que el régimen bajo de humedad era el adecuado para máximos rendimientos en un suelo sin abonar, pero tan pronto se aumentó el nitrógeno aprovechable con 120 kg de abono nitrogenado, la irrigación media aumentó el rendimiento arriba del tratamiento anterior; los rendimientos más elevados se obtuvieron solamente combinando el régimen de mayor humedad con la mayor cantidad de abono nitrogenado.

Según Thorne y Peterson (22), el régimen de humedad más productivo, sólo se puede determinar cuando se toma en -

consideración otros factores, tales como densidad de siembra y aplicación de abonos, entre los más importantes.

Harris, citado por Thorne y Peterson (22), trabajando en Cache Valley, Utah, EE.UU. encontró que los máximos rendimientos obtenidos con trigo fueron cuando se dieron tres riegos, pero si sólo se daba un riego, los mejores rendimientos se obtenían aplicándolo antes de que se hinchara el tallo para espigar.

Salter y Goode, citados por Narro (17), mencionan que los cereales son muy sensibles a la falta de humedad, sobretudo durante la formación de los órganos reproductivos y durante la floración, dando como consecuencia la disminución del rendimiento debido a la formación de un menor número de granos por espiga, cuando se presenta deficiencia de agua en esa época.

También el sistema radicular de algunos cultivos se ve bastante reducido por una deficiencia de agua cesando al iniciarse la floración, esta reducción de la actividad de la raíz, sobretudo en este tiempo crítico, resulta en una seria reducción en la absorción del agua, a menos de que el contenido de agua sea bastante elevado para permitir el movimiento rápido del agua hacia la superficie de la raíz.

Trabajos realizados por el CIMMYT en Marruecos (2), para ver la interacción humedad-fertilizantes, demostraron que con la dosis de 120 kg de N/ha, más riego, se obtuvo el doble de rendimiento que con la misma dosis de nitrógeno, pero sin riego.

Observaciones realizadas en Side Kacem, por el CYMMYT (2), concluyeron que en un período seco con temperaturas altas en una etapa temprana, aceleró el espigamiento de la variedad Tobarí-66, dando como resultado espigas reducidas y rendimiento bajo, la variedad BT-908 de ciclo más largo no fue forzada, y se benefició con las lluvias que cayeron al final del ciclo.

Una lluvia excesiva en el invierno provoca reducción del rendimiento y poca respuesta a nitrógeno: ésto se explica por la falta de aireación y a la denitrificación, lo cual afecta adversamente el rendimiento.

7.- Conclusiones de la revisión de literatura.

7.1. De acuerdo a la revisión realizada, se puede concluir que en general el trigo responde favorablemente a la aplicación de nitrógeno, excepto en ocasiones y en suelos donde se han hecho aplicaciones de abonos verdes, además también se ha encontrado que la aplicación de este elemento, favorece la cantidad de proteína del grano, sobretodo cuando se hacen aplicaciones tardías de nitrógeno. La aplicación dividida es una práctica recomendable generalmente en regiones de alta precipitación donde la pérdida por lixiviación puede ser importante, sobretodo en suelos de textura ligera. La dosis por lo general fluctúa entre 40 y 160 kg de N/ha.

7.2. Aunque la respuesta a la aplicación de fósforo no es muy generalizada en todos los suelos, se ha encontrado que el nivel crítico de respuesta a este elemento es de 7.0 ppm (método Olsen).

Para suelos arenosos se establecieron los siguientes rangos: nivel bajo de 0 a 7.0 ppm, medio de 7.0 a 14 ppm y alto, para concentraciones mayores de 14 ppm.

Los principales síntomas que presenta una planta que se desarrolla en un suelo que contiene bajos niveles de fósforo disponible son: retraso en todas sus etapas de desarrollo, un sistema radicular muy reducido, con lo cual el volumen de suelo explorado es menor y la planta se ve limitada en la extracción de agua y nutrientes y una coloración violácea de las hojas en la primera etapa del cultivo, la cual posteriormente desaparece.

Algunos estudios de campo han demostrado que la aplicación unilateral de fósforo es benéfica, pero la aplicación combinada con nitrógeno es la que reporta los incrementos más altos.

7.3. La respuesta a la aplicación de potasio es muy esporádica y al menos en México, no se ha encontrado, debido principalmente a que los suelos se derivan en su mayoría de cenizas volcánicas, las cuales son muy ricas en potasio, además este elemento se encuentra

formando parte de los minerales primarios, tales como feldspatos, ortoclasa y microclima, muy comunes en la formación de suelo.

En algunos trabajos realizados en la India, se encontró una interacción entre el potasio y el zinc, a niveles de 80 y 12.5 kg/ha respectivamente.

7.4. De los elementos menores, el que con mayor frecuencia presenta deficiencia es el zinc, encontrándose respuesta entre 12.5 y 25 kg/ha, en forma de sulfato de zinc.

7.5. El suministro de agua a la planta es básico para la obtención de altos rendimientos y algunos investigadores han encontrado que el régimen de humedad más productivo es el que se obtiene cuando se toma en consideración otros factores como son abonado y densidad de siembra.

En apoyo a lo anterior, los resultados experimentales han demostrado que el cultivo de trigo con riego pero sin abono, duplica su rendimiento con el mismo tratamiento de riego pero con abono.

Cuando por limitaciones de agua se da un solo riego, éste debe ser aplicado en una etapa crítica de desarrollo, y se recomienda que se haga unos días antes de la aparición de la espiga.

III. DESCRIPCION DE LA ZONA

1.- Localización geográfica

Esta región corresponde al declive que parte de las estribaciones de las sierras que como parte de la cordillera Madre Oriental, atraviezan el estado de Coahuila, de sureste a noreste, y va a terminar en el lecho del Río Bravo en la porción noreste de esta entidad federativa.

Su posición geográfica queda enmarcada aproximadamente entre los paralelos $26^{\circ}45'$ y $29^{\circ}30'$ latitud norte y los meridianos $100^{\circ}00'$ y $102^{\circ}20'$ de longitud oeste del meridiano de Greenwich.

2.- Clima

La altura media sobre el nivel del mar es de 300 m. El clima se clasifica como semicálido y la temperatura media anual es de 22°C , los meses más calientes son julio y agosto con temperaturas registradas de 37.9°C (1929) y 43.9°C (1930). Los meses más fríos son diciembre y enero, con temperaturas medias entre 8° y 13.2°C , las temperaturas mínimas registradas son de -2.4°C (1931-32) y -11.9°C (1929-30).

La precipitación media anual es de 400 mm, con humedad relativa media de 66 % y la máxima de 71 %. La lluvia se presenta normalmente en dos períodos mayo-junio y septiembre-octubre.

3.- Suelos y vegetación.

Los suelos de la región son de origen sedimentario y reposan sobre un lecho de material calcáreo y conservan gracias a su escasa precipitación pluvial gran cantidad de sustancias solubles, son profundos y de textura migajón arcilloso.

La vegetación característica de esta región, guarda correspondencia con la cantidad y distribución de la lluvia, y se diversifica a lo largo de su perfil sureste-noreste, pasando del tipo estepario semidesértico a la porción más occidental, a la de pradera en la parte media y al chaparral espinoso en la porción fronteriza.

4.- Agua

De los 16 manantiales que existen en los 10 municipios del norte del estado de Coahuila, se extrae el agua que riega el 71.5 % de la superficie cultivable, la cual es entregada a los productores en tanques fijos, cada 15, 17 ó 30 días. El resto de la superficie se riega con agua bombeada directamente del Río Bravo o de pozos profundos, correspondiendo un 9.2 % y 17.7 %, respectivamente.

Según los análisis de laboratorio realizados para conocer la calidad del agua proveniente de dichos manantiales, se reporta como adecuada para labores agrícolas, sin problemas de salinidad y baja en sodio.

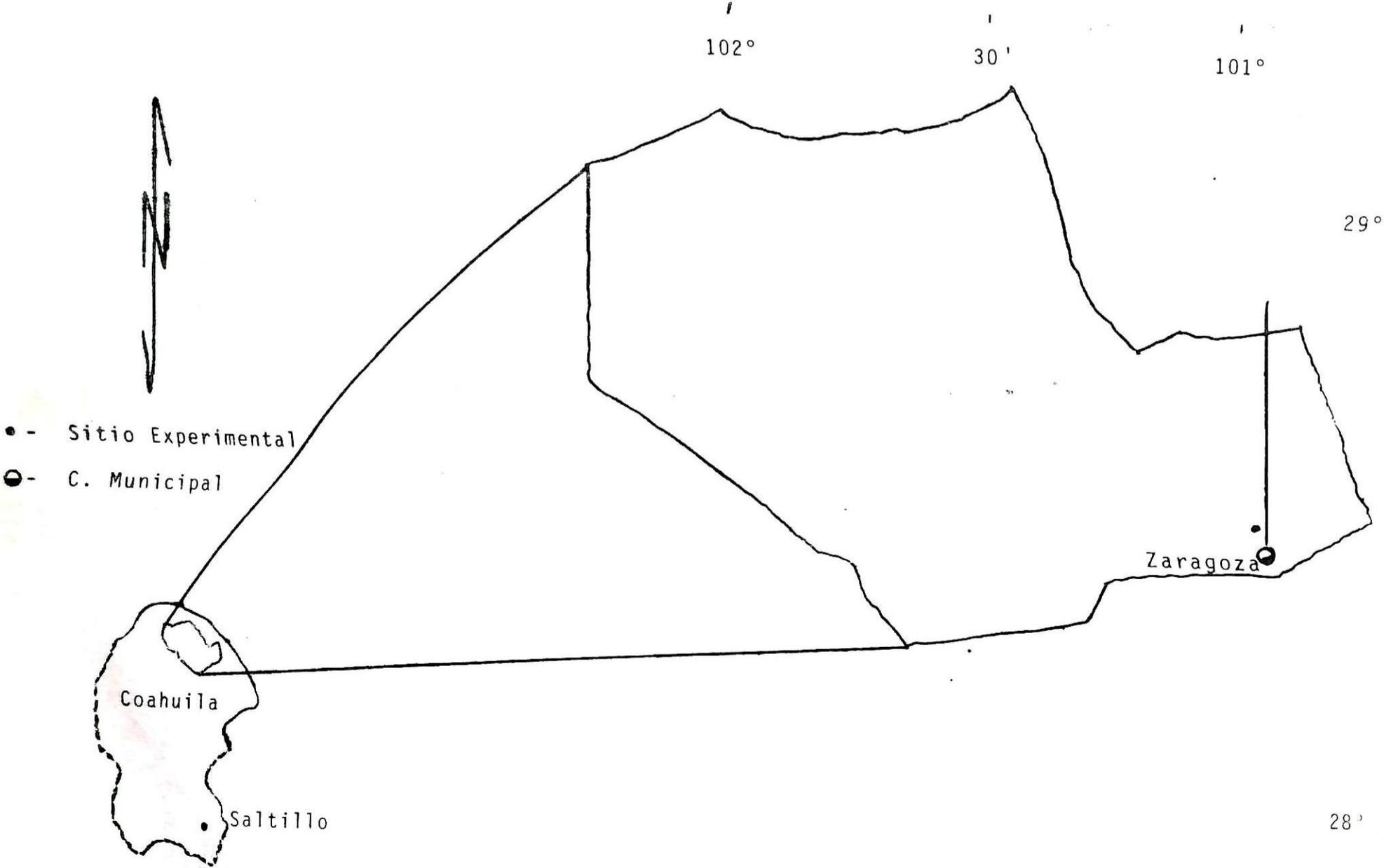


Figura 1. Ubicación del Municipio de Zaragoza y el sitio experimental dentro del mismo 1981-82.

IV. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS

El objetivo principal de este trabajo fue determinar las dosis óptimas económicas de nitrógeno y fósforo, para generar recomendaciones de fertilizantes bajo diferentes condiciones de humedad para la variedad Nacozari (ciclo intermedio).

Para lograr los objetivos anteriores se plantearon las siguientes hipótesis:

- 1.- El cultivo del trigo responde favorablemente a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados.
- 2.- Las necesidades de fertilizantes son diferentes para cada una de las condiciones de humedad, - que depende de la cantidad de agua que le corresponde a cada productor.
- 3.- La dosis óptima económica de cada uno de los factores en estudio se encuentra comprendida dentro de los rangos de exploración establecidos para este trabajo.

Las hipótesis se probarán partiendo de los siguientes supuestos:

- 1.- La variedad usada para este trabajo es la que mejor responde a las siembras tardías, (ciclo intermedio).

- 2.- Las labores culturales usadas por el agricultor son las recomendables para una buena producción de trigo.
- 3.- La densidad de siembra utilizada en el presente estudio es la óptima para esta región.
- 4.- Las fuentes de nutrimentos usados en esta zona, son igualmente eficientes que cualquier otro producto comercial.
- 5.- La aplicación temprana de los fertilizantes es benéfica para la obtención de altos rendimientos.

V. MATERIALES Y METODOS

Durante el ciclo agrícola otoño-invierno 1981-82, se llevó a cabo un experimento con el cultivo de trigo, en el cual se estudiaron tres factores de la producción que fueron: fertilizantes nitrogenados, fosfatados y número de riegos.

1.- Localización del sitio experimental.

El presente trabajo se localizó en terrenos del agricultor cooperante Simón Zapata, ubicado a 6 km al poniente del poblado de Zaragoza, Coahuila, a una altura sobre el nivel del mar de 300 m y una altitud norte de $28^{\circ}33'$ y $100^{\circ}55'$ de longitud oeste.

2.- Descripción del experimento.

2.1.- Preparación del terreno.

La preparación del terreno se hizo de acuerdo a las prácticas tradicionales del agricultor y consisten de un barbecho y dos pasos de rastra, el segundo perpendicular al primero, las cuales fueron realizadas con maquinaria del Campo Agrícola Experimental de Zaragoza, Coahuila.

2.2.- Muestreo del suelo.

Para conocer las propiedades físicas y químicas

micas más comunes del suelo, se tomaron muestras a 0-30, 30-60 y 60-90 cm de profundidad, para su análisis en el laboratorio.

A cada una de las muestras se le hicieron las determinaciones, con el método que se consideró más adecuado, para cada caso, como se observa en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Determinaciones fisico-químicas realizadas a las muestras de suelo del presente estudio y los métodos correspondientes.

Determinaciones	Métodos
1. Textura	Hidrómetro de Bouyoucos
2. pH	Potenciómetro
3. Carbonatos	Volumétrico
4. Nitrógeno	Kjeldahl
5. Fósforo	Olsen modificado
6. Potasio	Flamometría
7. Conductividad eléctrica	Conductivímetro

2.3.- Agua

En este trabajo, el agua utilizada para los riegos, fue obtenida de la acequia la Cruz, que parte del Manantial la Zanja, el cual tiene un gasto promedio de 1775 lps, que es proporcionada a los agricultores en dulas o

tandeos fijos cada 15 ó 17 días. Este manantial es abastecido por escurrimientos provenientes de la sierra y el Cañón del Mulato de Múzquiz, Coahuila, además del agua que viene de los ríos Alamo y Sabinas.

Durante el año, el gasto fluctúa debido principalmente a la presencia o ausencia de lluvias, y la tendencia es de que a medida que aumenta la precipitación, el gasto aumenta.

De acuerdo a los análisis de agua realizados, se reporta como agua de salinidad media y baja en sodio y se puede utilizar para las labores agrícolas.

Del manantial la zanja parten cuatro acequias, de las cuales tres son de uso agrícola y una para las labores domésticas.

En base a una encuesta realizada, se puede estimar que los productores cuentan con un número de horas-agua diferente, debido a que algunos han traspasado o vendido sus derechos, encontrándose que en la actualidad un 65 % cuenta con 12 a menos horas de agua, un 12 % cuenta con un máximo de 24 horas y un 23 % de productores con más de 24 horas de agua por dula, que en este caso es cada 17 días.

Esta baja disponibilidad de agua, aunado a las pérdidas de conducción, que se estima en un 56 %, debido principalmente a infiltraciones y azolve, hace más limitada la capacidad de riego de los productores que comunmente siembran una superficie mayor a la capacidad de riego que tienen, aplicando un número reducido de riegos.

2.4.- Diseño experimental y tratamientos.

Este trabajo se estableció con un diseño experimental de parcelas divididas en bloques al azar, correspondiendo la parcela grande al tratamiento de humedad y la parcela chica a la dosis de fertilizante, las cuales fueron seleccionadas de acuerdo a la matriz Plan Puebla I para dos factores (nitrógeno y fósforo), que se describen en el Cuadro 2.

Los tratamientos de humedad fueron uno y dos riegos, los cuales correspondieron a las parcelas grandes.

Cuadro 2. Relación de tratamientos correspondientes a la matriz Plan Puebla I para dos factores.

No.	T R A T A M I E N T O S		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1.	40	30	0
2.	40	60	0
3.	80	30	0
4.	80	60	0
5.	0	30	0
6.	120	60	0
7.	40	0	0
8.	80	90	0
9*	0	0	0
10**	85	46	0

* Tratamiento adicional como testigo absoluto.

** Tratamiento adicional como testigo regional (fertilización que usa el agricultor).

2.5.- Espacios de exploración, niveles usados y fuentes nutrimentales.

El espacio de exploración para nitrógeno fue de 0 a 120 kg/ha y los niveles fueron 0,40, 80 y 120: mientras que para fósforo, fue de 0 a 90 kg/ha con los niveles 0,30,60 y 90.

La semilla usada fue la variedad Nacozari considerada de ciclo intermedio, a razón de 150 kg/ha como densidad de siembra.

2.6.- Tamaño de la parcela experimental.

El tamaño de la parcela experimental fue de 60 m², de los cuales se obtuvieron varias muestras para la evaluación de rendimientos.

2.7.- Siembra y fertilización.

Tanto la siembra como la fertilización se realizaron al voleo, en el caso del fertilizante se aplicó la cantidad correspondiente a toda la parcela (tratamiento), delimitada por cordeles y procurando que la distribución fuera lo más uniforme posible.

Para la semilla, se pesó la cantidad correspondiente al total de la superficie experimental, delimitada por cordeles, procurando una buena distribución.

Una vez que se sembró y fertilizó, se procedió a tapar con un paso ligero de rastra, para evitar tanto el arrastre por el agua de riego, como el ataque de la semilla por los pájaros.

2.8.- Manejo del agua.

Los riegos se dieron por gravedad, de acuerdo a las fechas previamente establecidas para cada uno de los tratamientos de humedad, considerándose para este caso dulas cada 17 días. En promedio el tiempo de riego para cada una de las parcelas fue de 26 minutos, mientras que la lámina total aplicada fue de 9.4 cm.

2.9.- Sandidad del cultivo.

Durante el desarrollo del cultivo, no se presentaron problemas de incidencia de plagas ni enfermedades, en el caso de malas hierbas, solamente se presentaron en poblaciones muy bajas y al final del ciclo, cuando el cultivo estaba en condiciones de cosecha, por lo que se consideró de ninguna influencia para la producción de grano, motivo por el cual no se recurrió al uso de productos químicos para su control.

2.10.- Parámetros medidos.

Como se puede observar en el cuadro 1 A del apéndice, entre los parámetros medidos durante el desarrollo del cultivo hasta la cosecha, tenemos los siguientes:

2.10.1.- Altura de la planta.

Se tomaron cinco lecturas en diferentes fechas por tratamiento, en sus tres repeticiones, promediándose y obteniéndose una media para cada fecha.

2.10.2.- Longitud de hoja bandera.

Este dato se tomó un día antes de la cosecha, se tomaron cinco lecturas para cada tratamiento.

2.10.3.- Longitud de espiga.

Este parámetro se midió considerando cinco lecturas para cada tratamiento y en cada una de las repeticiones, dando un total de 15 lecturas.

2.10.4.- Rendimiento.

El rendimiento de campo obtenido se evaluó cuando el grano tenía aproximadamente un 14 % de humedad.

El corte se hizo casi al ras del suelo con una hoz, el producto cortado fue colocado en bolsa doble de papel y depositada en una bodega, donde posteriormente se desgranó.

El desgrane de la espiga se realizó con una minitrilladora Pullman, frecuentemente usada en este tipo de trabajos, sobretodo para grano pequeño. La fecha de corte fue el día 7 de mayo de 1982.

2.11.- Análisis estadístico

Los cálculos realizados para evaluar rendimiento, así como el efecto de algunos factores sobre la producción de grano, fueron realizados manualmente usando un modelo matemático correspondiente a un diseño de parcelas divididas en bloques al azar.

$$Y_{ijk} = M + R_k + \alpha_i + \epsilon_{ik} + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \delta_{ijk}$$

Este modelo se utilizó para realizar el análisis de varianza para cada uno de los parámetros medidos.

Para determinar la dosis óptima económica, se uso el método grafico-estadístico descrito por Turrent (27), considerándose el costo de los insumos, así como el precio del producto cosechado (Cuadro 3), y se calculó una relación insumo-producto, con lo cual se construyó el triángulo para la determinación de las DOE en forma gráfica.

2.12.- Análisis económico.

También se realizó el análisis económico para determinar la dosis óptima económica de capital ilimitado (DOECI), y la dosis óptima económica de capital limitado (DOECL), que son los que nos indican la función de producción sobre la cual hace tangencia la hipotenusa del triángulo usado en el método gráfico, que se obtiene de la relación insumo-producto.

Cuadro 3. Costo de insumos y precios del trigo que se utilizaron para la obtención de las dosis óptimas económicas de fertilizantes, 1982. SARH-UAAAN-INIA-CIAN-CAEZAR.

C o n c e p t o	Costo
Costo de 1 ton de nitrato de amonio (33.5 %)	3323.00
Costo de 1 kg de nitrógeno	9.91
Costo de acarreo	1.10
Costo de aplicación	1.27
Interés	1.23
Costo total de 1 kg de nitrógeno	13.51
Costo de 1 ton de superfosfato triple (46 %)	4992.00
Costo de 1 kg de fósforo	10.85
Costo de acarreo	0.80
Costo de aplicación	0.93
Interés	1.26
Costo total de 1 kg de fósforo	13.84
Trilla de 1 ton de trigo	250.00
Acarreo de 1 ton de trigo	75.00
Valor descontado de 1 ton de trigo	325.00
Valor de 1 ton de trigo	6970.00
Valor real de 1 ton de trigo	6645.00
Valor de 1 kg de trigo	6.65

Relación Insumo-Producto

$$n/y = 13.51/6.65 = 2.03 *$$

$$p/y = 13.84/6.65 = 2.08 *$$

* Cantidad de producto necesario para pagar
1 kg de insumo.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION

1.- Análisis del suelo.

De los análisis de suelo realizados a las muestras obtenidas del lote experimental, reportados en el Cuadro 4, se puede destacar lo siguiente:

A este suelo le corresponde una textura limo arcillosa, de acuerdo al triángulo de texturas (8), por lo que respecta a materia orgánica, ésta varía de 1.64 a 3.6 % y se clasifica como rico en éste aspecto; en el caso de nitrógeno total, el contenido es bastante bajo, fluctuando entre .092 y .11 %, aunque el fósforo total, se considera como suficiente, variando desde 50 a 58 mg/kg, es posible que no se encuentre en forma aprovechable, principalmente por el pH tan elevado que tiene este suelo, ya que el análisis reporta una fluctuación entre 7.5 a 7.85, además del contenido tan alto de carbonatos, haciendo más crítica la situación del fósforo, por la reacción que éstos tienen con este elemento, haciéndolo más insoluble. El contenido de potasio es bastante elevado ya que varió de 5.6 a 25.5 mg/kg, además de que es un elemento bastante soluble. Con respecto a la conductividad eléctrica, no se presentan problemas de salinidad, ya que ésta varió de .25 a .40 mmhos/cm a 25°C.

2.- Rendimiento de trigo.

Como se puede observar en el Cuadro 5, donde se --

Cuadro 4. Algunas de las características físico-químicas más comunes del suelo donde se estableció el experimento en Zaragoza, Coahuila, 1981-82.

Profundidad (cm)	Materia orgánica (%)	Nitrógeno Total (%)	Fósforo Total (mg/kg)	Potasio intercam (mg/kg)	pH	Carbonatos Totales (%)	Conductividad eléctrica (mmhos/cm)	Textura
0-30	1.64	.115	50.5	25.5	7.85	84.60	.375	Arcilla
30-60	2.94	.134	60.0	12.13	7.65	85.35	.285	Limo Arcilloso
60-90	3.60	.092	58.0	5.60	7.50	84.50	.287	Limo Arcilloso

Cuadro 5. Efecto de las dosis de nitrógeno y fósforo con diferente número de riegos, sobre algunos parámetros de la producción de trigo en Zaragoza, Coahuila 1981-82.

No.	Tratamientos N - P ₂ O ₅	*	*	*	**	
		Altura final (cm)	Longitud de espiga (cm)	Longitud de hoja bandera (cm)	Rendimiento No. de riegos (Ton/ha) 1	(Ton/ha) 2
1	40 - 30	63.10	8.46	16.6	1.172	1.648
2	40 - 60	69.00	8.23	16.2	1.215	2.138
3	80 - 30	66.20	8.10	16.0	1.327	2.085
4	80 - 60	70.83	8.46	15.4	2.088	2.527
5	0 - 30	55.45	6.93	14.6	0.688	0.885
6	120 - 60	72.50	8.50	16.0	2.267	2.567
7	40 - 0	58.10	6.83	14.9	0.697	0.847
8	80 - 90	73.60	8.66	16.3	1.775	2.533
9	0 - 0	50.76	6.17	12.7	0.400	0.723
10	85 - 46	67.56	8.43	14.9	1.227	2.183

* promedio de 6 repeticiones

** promedio de 3 repeticiones

Parámetros	DMS	CV
Rendimiento (a)	.378 ton/ha	21.92 %
(b)	.435 ton/ha	23.93 %
Altura final	4.97 cm	6.61 %
Longitud de espiga	.667 cm	7.29 %
Longitud ho- ja bandera	2.003 cm	11.21 %

presentan los rendimientos medios de las tres repeticiones de cada tratamiento, así como los valores medios para cada tratamiento de los parámetros medios durante el ciclo vegetal del cultivo, para las condiciones de humedad en general, se puede decir que el efecto del fertilizante en todos los casos fue favorable. En el tratamiento de humedad con dos riegos, con el testigo se obtuvo un rendimiento de .732 ton/ha, mientras que el rendimiento más alto fue obtenido con el tratamiento 120-60-0 con 2.56 % ton/ha de grano superándolo con 1.844 ton/ha.

En cuanto al número de riegos, se puede observar que en altura final y rendimiento, los valores alcanzados fueron mayores en el tratamiento de dos riegos, no así para longitud de espiga y hoja bandera, donde se encuentran algunos valores mayores en el tratamiento de un riego.

En las figuras 2 y 3, donde se grafica el efecto de los factores de la producción estudiados, podemos observar que los rendimientos alcanzados con un riego (Fig. 2), son inferiores a los registrados con dos riegos (Fig. 3), sin embargo, también podemos observar que el efecto del nitrógeno para los dos casos fue similar, no así el del fósforo, donde el nivel más alto de este elemento (90 kg/ha), con 80 kg de N/ha, disminuyó el rendimiento, en el caso de un riego, mientras que con dos riegos, a medida que aumentó el nivel de fósforo de 0 a 60 kg/ha, con 40 kg de N/ha y de 30 a 90 kg de P_2O_5 /ha, con 80 kg de N/ha, el rendimiento registró un incremento que en algunos casos no alcanzó la significancia estadística.

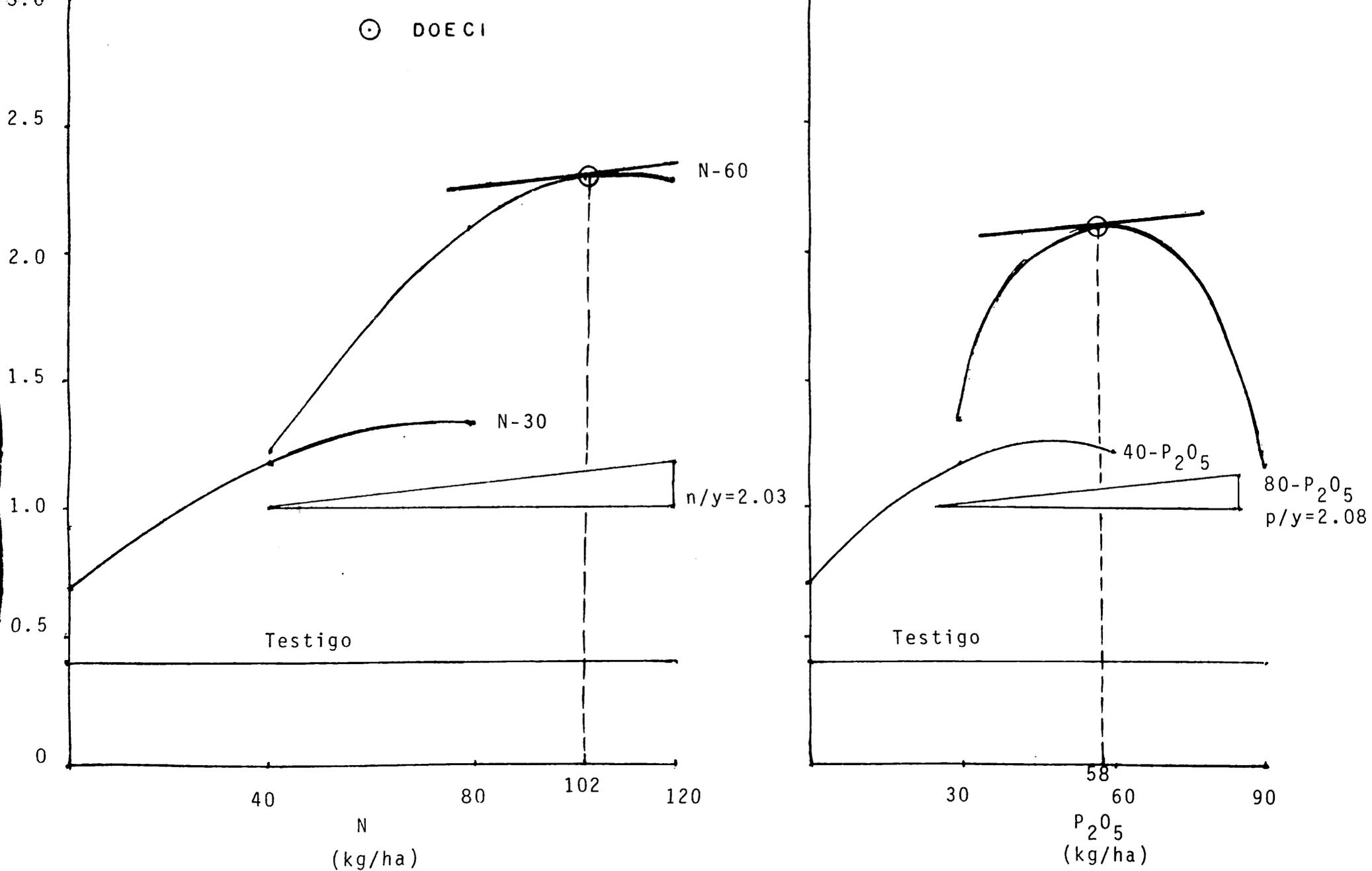


Figura 2. Representación esquemática de la respuesta del cultivo de trigo a la aplicación de nitrógeno y fósforo con un riego 1981-82.

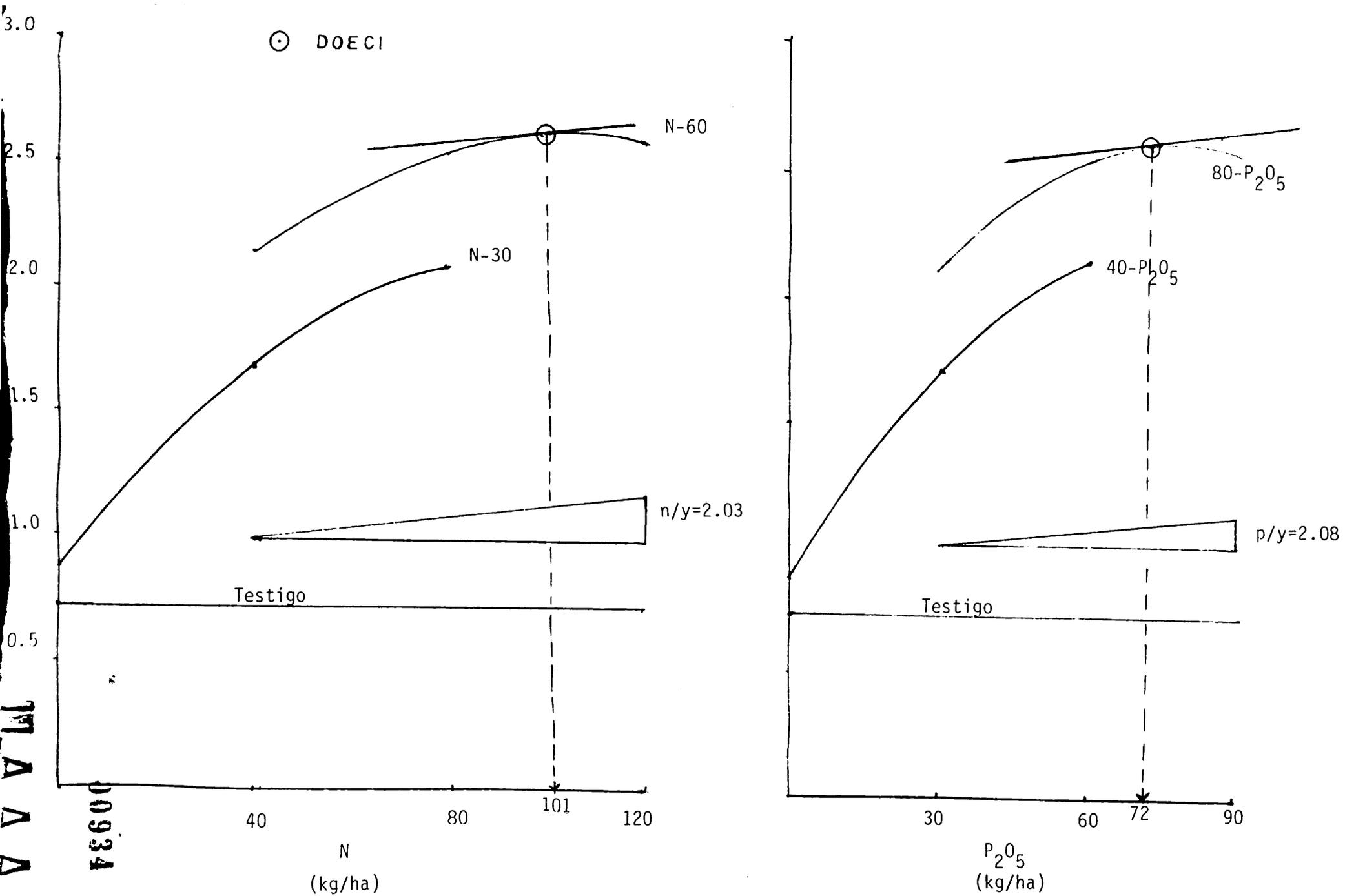


Figura 3. Representación esquemática de la respuesta del cultivo del trigo a la aplicación de nitrógeno y fósforo con dos riegos 1981-82.

3.- Análisis de varianza para cada uno de los parámetros medidos en el cultivo del trigo.

3.1.- Análisis de varianza para rendimiento.

En el Cuadro 2 A del apéndice, se reporta el análisis de varianza para rendimiento y se puede observar que la significancia, se alcanzó para riegos y fertilizantes en forma unilateral, a una probabilidad de error del 5 y 1 % respectivamente, no así para la interacción riego-fertilizantes. En la parte inferior del mismo cuadro, se reportan los valores de la DMS para riegos y fertilizantes, así como los coeficientes de variación para cada uno de los factores.

3.2.- Análisis de varianza para altura final.

El análisis de varianza para este parámetro, el cual se realizó con un diseño de parcelas divididas en bloques al azar, no reportó significancia la prueba de F para riegos ni para la interacción riego por fertilizante, solamente para el factor fertilizante, por lo que se procedió a analizarlo como bloques al azar con el doble de repeticiones, estos análisis se reportan en los Cuadros 5 A y 6 A del apéndice, en el mismo Cuadro 6 A se reportan

los valores de la DMS y CV. También se hizo un análisis de correlación, encontrando un valor de 0.92 entre este parámetro y rendimiento.

3.3.- Análisis de varianza para longitud de espiga.

Para el caso de este parámetro, la significancia se presentó solamente para el factor fertilizante, no así para el factor riegos ni para la interacción riegos-fertilizante analizándolo como parcelas divididas, por lo que se procedió a analizarlo como bloques al azar con 6 repeticiones, estos resultados se reportan en el Cuadro 8 A del apéndice, en el cual también se anotan los valores encontrados para la DMS y el CV. Además como resultado del análisis de correlación, se encontró un valor de 0.80, considerándose como bueno.

3.4.- Análisis de varianza para longitud de hoja bandera.

Para el parámetro longitud de hoja bandera el análisis de varianza como parcelas divididas reportó significancia al 5 %, solamente para el factor fertilizante, no encontrándose significancia a ningún nivel para riegos ni para la interacción riego-fertilizantes

por lo que se procedió a analizarlos como bloques al azar. Los resultados de estos análisis se reportan en los Cuadros 9 A y 10 A del apéndice, en el mismo Cuadro 10 A se reportan los valores de la DMS y CV. El valor de correlación encontrado para esta variable y rendimiento fue de 0.65, el más bajo para los parámetros medidos.

4.- Efecto de los factores de la producción sobre el rendimiento de grano.

4.1.- Efecto del nitrógeno sobre la producción de grano.

Como se puede apreciar en el Cuadro 2 A del apéndice, donde se encontró significancia al 5 % de probabilidad del error, para el factor riego y al 1 % para el factor fertilizante de acuerdo a la prueba de F, dicha significancia concuerda con los valores de la $DMS_{(a)}$ y $DMS_{(b)}$ que se reportan en el mismo cuadro. El efecto del nitrógeno con un riego (Cuadro 3 A del apéndice), se puede apreciar al comparar el efecto factorial medio ($EFM = 0.541$), contra el efecto mínimo significativo ($EMS = 0.362$), el cual es menor, por lo que se declara significancia a este elemento. Esto

es dentro de la parte factorial; para ver el efecto del nitrógeno sobre las prolongaciones (nivel más bajo y alto), basta comparar la diferencia de las medias de rendimiento contra el valor de la DMS, y en este caso tenemos que la diferencia entre los tratamientos 40-30 vs 0-30 es 0.484 ton/ha y para 80-60 vs 120 - 60 es 0.174 ton/ha, no alcanzando la significancia en ningún caso ya que el valor de la DMS es 0.615 ton/ha.

Por lo que respecta a dos riegos, el efecto del nitrógeno también es significativo, debido a que el EFM que tiene un valor de 0.410, es mayor que el EMS con un valor de 0.362. También al observar las comparaciones de las medias de rendimiento para determinar el efecto de este elemento sobre sus prolongaciones, encontramos que la diferencia de los tratamientos 40-30 vs 0-30, y 80-60 vs 120-60 son 0.763 y 0.040 respectivamente, siendo significativa solamente en la primera comparación. De acuerdo a los resultados encontrados para uno y dos riegos, se puede ver que el máximo efecto para este elemento se encontró al nivel de 80 kg de N/ha, por lo que se concluye en forma preliminar que la DOE se encuentra alrededor de dicho nivel.

La respuesta del cultivo a la aplicación de nitrógeno, se explica si se consideran los resultados de los análisis del suelo donde se reportan cantidades muy bajas de éste elemento, el cual varía de 0.092 a 1.34 %.

Aunque el contenido de materia orgánica es alto, el contenido de nitrógeno es posiblemente muy bajo, debido principalmente a que son residuos de gramíneas, lo que dificulta más su descomposición o mineralización y en este caso los microorganismos encargados de dicha descomposición, fijan gran cantidad de nitrógeno, disminuyendo la disponibilidad de este elemento para la planta.

4.2.- Efecto del fósforo sobre la producción de grano.

La significancia encontrada en el análisis de varianza, al factor fertilizantes (Cuadro 2 A del apéndice), se manifiesta en la significancia a este factor encontrado en el análisis económico realizado para uno y dos riegos.

En un riego, la significancia se declara al comprobar que el valor del efecto factorial medio para este factor que es 0.401, es superior que el valor del efecto mínimo signifi-

cativo el cual es 0.362, esto es sobre la parte factorial; para ver el efecto sobre las prolongaciones se obtuvo la diferencia entre las medias de rendimiento de los tratamientos 40-30 y 40-0, 80-60 y 80-90, los cuales fueron 0.476 y 0.313 ton/ha, en este caso no se encontró significancia sobre sus prolongaciones ya que el valor de la DMS fue 0.615 ton/ha como se puede ver, el máximo efecto del factor fue con el nivel de 80 kg/ha por lo que se concluye preliminarmente que la DOE está en función de ese nivel.

Para dos riegos, en la parte factorial también se encontró significancia a este factor ya que el EFM (0.470) es superior que el EMS (0.362), por lo que respecta a sus prolongaciones, para el caso de la comparación de 40-30 contra 40-0 y 80-60 contra 80-90, las diferencias fueron 0.801 y 0.007 ton/ha, siendo significativa solamente la primera de ellas, considerando el valor de la DMS, que es 0.615 ton/ha, en este caso también el máximo efecto se obtuvo con el nivel de 80 kg de P_2O_5 /ha, por lo que se concluye que la DOE para este factor es este nivel.

Aunque los análisis de suelo reportan canti-

dades altas de fósforo la respuesta a este elemento se debe tal vez a que su disponibilidad es muy baja, principalmente, porque el pH del suelo es muy alcalino, donde existe una gran cantidad de carbonatos libres, entre los cuales se encuentran los de calcio, con los que reacciona el fósforo, produciéndose compuestos altamente insolubles, por lo cual la planta satisface la mayor parte de sus necesidades directamente de las aplicaciones de los fertilizantes químicos.

4.3.- Efecto de la humedad sobre la producción de grano.

De acuerdo al análisis de varianza realizado para la variable rendimiento, se encontró significancia al nivel de 5 % para el factor riego ya que la diferencia entre las medias de rendimiento para uno y dos riegos fue de 0.532 ton/ha. superando el valor de la $DMS_{(a)}$ que fue de 0.378 ton/ha.

En general para todos los tratamientos de fertilizantes se registró un aumento en rendimiento de uno o dos riegos como se puede ver en el Cuadro 5.

5.- Efecto de los factores de la producción sobre otros parámetros.

5.1.- Efecto de los factores sobre altura de la planta.

Como se puede observar en el Cuadro 5 A del apéndice, la significancia se encontró solamente para el factor fertilizante, no así para el factor riego y la interacción riego por fertilizante, por lo que se analizó como bloques al azar (Cuadro 6 A del apéndice) considerando doble el número de repeticiones, en este mismo cuadro también se reporta una DMS de 4.97 cm y un coeficiente de variación de 6.61 %.

Las medias de altura final para cada tratamiento se reportan en el Cuadro 5, donde se puede apreciar que el efecto del nitrógeno es lineal ya que la adición de este elemento, en todos los casos se registra con aumento en la altura.

Para el cambio de 0 a 40 kg de nitrógeno, con un nivel de 30 kg de P_2O_5 /ha, el aumento de altura fue de 7.65 cm, y para el cambio de 40 a 80 kg de nitrógeno con el mismo nivel de fósforo, el aumento en altura fue de

3.10 cm, siendo significativa solamente la primera comprobación.

Con el nivel de 60 kg de fósforo, para el cambio de 40 a 80 kg de N/ha, el aumento de altura de la planta fue de 1.83 cm, mientras que para el cambio de 80 a 120 kg de N/ha, con el mismo nivel de fósforo, el aumento fue de 1.67 cm, no alcanzando la significancia estadística en ninguno de los dos casos.

5.2.- Efecto de los factores sobre la longitud de espiga.

Igual que en el caso anterior, no se encontró significancia para el factor riego ni para la interacción riego por fertilizante por lo que se procedió a analizar como bloques al azar, con seis repeticiones, manteniendo la significancia el factor fertilizantes, estos análisis se reportan en los Cuadros 7 A y 8 A del apéndice, en el mismo Cuadro 8 A, se reportan los valores de DMS y coeficiente de variación. En el Cuadro 5 se reportan las medias de longitud de espiga para cada tratamiento provenientes de 6 repeticiones.

Para el cambio de 0 a 40 kg de N/ha, con un nivel de 30 kg de fósforo, el aumento de long

gitud fue de 1.53 cm, para el cambio de 40 a 80 kg de nitrógeno, con el mismo nivel de fósforo, se registró una disminución de longitud de 0.36 cm.

Para el cambio de 40 a 80 kg de N/ha, con un nivel de 60 kg de fósforo, el aumento fue de 0.23 cm, mientras que para el cambio de 80 a 120 kg de N/ha, con el mismo nivel de fósforo, el aumento fue de 0.04 cm, alcanzando la significancia en todas las comparaciones menos en la última. En el caso de la disminución de la longitud, se debió tal vez a error en la medición, ya que el resto de las comparaciones, mostraron un aumento en la longitud de espiga, con la adición de nitrógeno.

El efecto del fósforo se puede ver al hacer la comparación de 0 a 30 kg de P_2O_5 /ha, con un nivel de 40 kg de nitrógeno, donde la diferencia de longitud de espiga es de 1.63 cm, mientras que para el cambio de 30 a 60 kg de P_2O_5 /ha, con el mismo nivel de nitrógeno, se registró una disminución de 0.23 cm, alcanzando la significancia solamente la primer comparación para el cambio de 30 a 60 kg de P_2O_5 /ha, con 80 kg de nitrógeno, el aumento de longitud de espiga fue de 0.36 cm, para el cambio

de 60 a 90 kg de P_2O_5 /ha, con el mismo nivel de nitrógeno el aumento fue de 0.20, siendo estadísticamente iguales.

5.3.- Efecto de los factores sobre longitud de hoja bandera.

Como en el análisis de varianza realizado para esta variable, como parcelas divididas en bloques al azar. no se encontró significancia para el factor riegos, sino solamente para fertilizantes; se procedió a realizar un análisis para un diseño de bloques al azar, donde se encontró un valor para el coeficiente de variación de 11.21 % y una DMS de 2.003 cm.

El efecto del nitrógeno se puede observar mediante la comparación de la longitud de la hoja bandera en los tratamientos que tienen un nivel de fósforo constante y el factor que cambia es el nitrógeno.

Para el cambio de 0 a 40 kg de N/ha, con un nivel de 30 kg de fósforo el aumento de longitud es de 2.00 cm, mientras que con el cambio de 40 a 80 kg de N/ha, con el mismo nivel de fósforo, se registró una disminución de 0.6 cm, sin embargo, de acuerdo al valor de la DMS, ninguna comparación alcanza la significancia estadística.

Para el cambio de 40 a 80 kg de N/ha con el nivel de fósforo de 60 kg de fósforo, se registró una disminución de 0.8 cm, para el cambio de 80 a 120 kg de nitrógeno con el mismo nivel de fósforo, se registró un aumento de 0.6 cm siendo significativamente iguales todos los tratamientos involucrados en estas comparaciones.

Para el caso del fósforo, el cambio de 0 a 30 kg de P_2O_5 /ha con el nivel de 40 kg de nitrógeno, el aumento de longitud de hoja bandera es de 1.3 cm; para el cambio de 30 a 60 kg de fósforo con el mismo nivel de nitrógeno, se registró una disminución de 0.4 cm sin embargo, ninguna de las comparaciones resultó significativa.

Con el nivel de 80 kg de nitrógeno, para el cambio de 30 a 60 kg de fósforo, se registró una disminución de 0.6 cm, para el cambio de 60 a 90 kg de fósforo, con el mismo nivel de nitrógeno, el aumento fue de 0.9 cm, no alcanzando la significancia en ninguna de estas comparaciones, ya que la DMS tiene un valor de 2.003 cm.

6.1.- Análisis económico.

Para la determinación de la DOE, se utilizó el método gráfico estadístico, descrito por Turrent (27), el cual tiene dos recomendaciones para obtener mayor eficiencia en cuanto a su interpretación y son: a) un número suficiente de repeticiones para asegurar un nivel de precisión en las medias que permita una fácil identificación de la función de respuesta, - b) un espacio de exploración dentro del cual los factores interaccionen positivamente y muestren incrementos decrecientes.

De acuerdo al procedimiento antes mencionado, se realizó un análisis económico para cada una de las condiciones de humedad, para determinar la dosis óptima económica de capital ilimitado (DOECI) y la dosis óptima económica de capital limitado (DOECL).

De acuerdo a los resultados obtenidos de los análisis económicos (Cuadros 3 A y 4 A del apéndice) para un riego la DOECI la cual corresponde al tratamiento de máximo ingreso neto y fue de 80 - 60 con un ingreso neto de \$ 11,974.00 y un rendimiento de 2.088 ton/ha, la DOECL, dada por la máxima tasa de retorno de capital variable (TRCV) fue la misma que

para capital ilimitado, ésta debido tal vez a que el productor no puede disminuir la dosis de fertilizante, porque estaría sacrificando una cantidad muy grande de rendimiento y por consecuencia sus ingresos serían mucho menores.

Por lo que respecta a dos riegos, la DOECI fue de 80 - 60 en unidades de nitrógeno y fósforo respectivamente, con un rendimiento promedio de 2.526 ton/ha con un ingreso neto de \$ 14,886.70, mientras que la DOECL fue de 40-60 en unidades de nitrógeno y fósforo respectivamente, con una tasa de retorno de capital variable (TRCV) de 5.864, y un rendimiento promedio de 2.138 ton/ha. En este caso la mayor cantidad de agua, le da mayor eficiencia al fertilizante, por lo que el productor puede disminuir la cantidad de fertilizante sin castigar significativamente el rendimiento.

6.2.- Análisis gráfico.

Con el resultado del análisis económico, se determinó la función de producción, sobre la cual se determinó la DOE por el método gráfico.

En la figura 2 y 3 se presenta la respuesta

media del trigo a la fertilización nitrogenada y fosfatada, empleando los rendimientos medios de la columna 8 de los Cuadros 3 A y 4 A del apéndice y los tratamientos de la columna 1 de los mismos cuadros.

Para determinar la DOE se utilizó la función $N-60$ y $80-P_2O_5$, ya que éstos contienen los tres tratamientos localizados sobre la arista y su prolongación que pasa por el tratamiento 80-60, el cual se asocia con el máximo ingreso neto más costos fijos. En las mismas figuras 2 y 3 se representa la pendiente, la cual indica que para cualquier cantidad de fertilizante nitrogenado o fosfatado le corresponde una cantidad de grano de trigo que cubre su costo. Esto se logra mediante la relación $n/y=2.03$ y $p/y=2.08$ los cuales se indican en las mismas figuras.

Como se puede apreciar en las figuras 2 y 3 las dosis encontradas en uno y otro caso, son muy diferentes a las encontradas con el análisis ya que para uno y dos riegos las dosis fueron de 102-58-0 y 101-72-0 en unidades de nitrógeno, fósforo y potasio/ha, respectivamente. La diferencia encontrada entre el análisis económico y el método gráfico, se

debe tal vez a que no se cumplió con una de las recomendaciones, que es, un número adecuado de repeticiones para asegurar un buen nivel de precisión, por lo que en este caso el resultado del análisis gráfico no tiene la confiabilidad suficiente ya que solamente fueron tres repeticiones, y se recurrió al análisis económico como un método más seguro en este caso.

VII CONCLUSIONES

En base a los resultados obtenidos y a la discusión que de ellos se hizo, se puede decir que los objetivos de este trabajo se lograron, ya que se obtuvieron recomendaciones preliminares de fertilizantes para dos condiciones de humedad comunes en esta región, que son productores que aplican un sólo riego y representan el 36 % del total y los que aplican dos riegos, que representan el 57 %, mientras que los que aplican tres riegos representan sólo el 7 % bajo el sistema de manantiales.

De acuerdo al análisis económico se obtuvo una DOECI de 80-60-0, que es equivalente a la DOECL para dos riegos, la DOECI fue de 80-60-0, mientras que la DOECL fue de 40-60-0 unidades de nitrógeno, fósforo y potasio respectivamente.

Con el método gráfico las DOE para uno y dos riegos fueron de 102-58-0 y 101-72-0 en unidades de nitrógeno, fósforo y potasio; como se puede observar, las dosis encontradas con uno y otro método no concuerdan, por las razones antes discutidas, por lo que se recomienda para trabajos posteriores se aumente el número de repeticiones para incrementar la precisión, además de que el análisis económico nos determina la función de producción sobre la cual hará tangencia la hipotenusa en el método gráfico.

Por lo que respecta a las hipótesis planteadas para el establecimiento de este trabajo se puede concluir que:

a) Para la primera hipótesis, se puede decir que el cultivo del trigo responde favorablemente a la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosfatos, ya que de acuerdo a los datos de rendimiento, el testigo absoluto (0-0-0) reporta un rendimiento medio para las dos condiciones de humedad de 0.560 ton/ha, con la sola adición de 40 kg de nitrógeno el rendimiento medio fue de 0.770 ton/ha, y con la adición de 30 kg de fósforo el rendimiento fue de 0.705 ton/ha.

El máximo efecto del fertilizante se logró cuando se aplicó en forma combinada el nitrógeno y el fósforo como en el caso del tratamiento 80-60 que reportó un rendimiento de 2.088 y 2.527 ton/ha, para uno y dos riegos respectivamente, por lo que la hipótesis se acepta.

b) Para la segunda hipótesis, podemos decir que las necesidades de fertilizante son diferentes para cada una de las condiciones de humedad, ya que si bien la DOECI para un riego es igual a la DOECI para dos riegos, la cual es 80-60-0 con un rendimiento de 2.088 y 2.527 ton/ha, para uno y dos riegos respectivamente, con dos riegos tenemos la alternativa de la DOECL que es 40-60-0, con un rendimiento de 2.138 ton/ha, que es ligeramente mayor que el obtenido con la DOECI con un

riego (80-60), pero con 40 kg más de nitrógeno por lo que la hipótesis se acepta.

- c) Para el caso de la tercera hipótesis se puede decir que también se cumple ya que las DOECI y DOECL para uno y dos riegos, se encuentran dentro del rango de exploración estudiados, que en éste caso para nitrógeno fue de 0 a 120 kg/ha y para fósforo de 0 hasta 90 kg/ha por lo que la hipótesis se acepta.

VIII. RESUMEN

En el estado de Coahuila, uno de los cultivos de más importancia es el trigo, sembrándose principalmente en la zona centro y norte, con una superficie aproximada de 12,000 ha., en el municipio de Zaragoza, siendo la mayor parte de riego y una mínima proporción de temporal.

El agua de riego proviene principalmente de manantiales, que son una fuente importante para este cultivo, y se proporciona a los productores en tandeos fijos, cada 15 ó 17 días.

El objetivo de este trabajo fue el de contribuir en la generación de tecnología sobre el uso adecuado de fertilizantes para las condiciones de humedad más comunes de este cultivo en la región, para ello se estableció el presente estudio con un agricultor cooperante en el área de influencia del Manantial la Zanja, el cual cuenta con un gasto de aproximadamente de 1775 lps, para una superficie proyectada de 2000 ha.

El diseño experimental usado fue parcelas divididas en bloques al azar, correspondiendo la parcela grande al tratamiento de humedad y a la parcela chica la dosis de fertilizantes, siendo éstos últimos seleccionados de acuerdo a la matriz experimental Plan Puebla I para dos factores, que fueron nitrógeno y fósforo, mientras que los tratamientos de humedad fueron uno y dos riegos de auxilio. Para el tratamiento de un riego, éste se aplicó a los 100 días después de la siembra y para el

caso de dos riegos, éstos se aplicaron a los 65 y 101 días después de la siembra.

Tanto la siembra como la fertilización se realizaron al voleo, utilizándose la variedad Nacozari (ciclo intermedio) y el nitrato de amonio y superfosfato triple como fuentes nutrimentales de nitrógeno y fósforo, respectivamente.

La fertilización y la siembra se realizaron los días 30 y 31 de diciembre de 1981 respectivamente, mientras que el riego de besana (general para todo el experimento), fue el día primero de enero de 1982, los riegos de auxilio fueron aplicados de acuerdo a lo programado, considerando en este caso dulas cada 17 días.

Durante el desarrollo del cultivo se tomaron datos de altura y algunas otras observaciones, además es importante mencionar que la sanidad del cultivo se puede considerar como buena, ya que no se registraron incidencias de plagas, enfermedades, ni malas hierbas, que ameritaran la aplicación de productos químicos para su control.

La cosecha se realizó el día 7 de mayo de 1982, cuando el grano tenía aproximadamente un 14 % de humedad, valor aceptado para este tipo de grano.

En base a los análisis estadístico, económico y gráfico de los resultados obtenidos, se puede decir que el trigo responde favorablemente a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y fosfatados, considerando los costos de los in-

sumos, así como el valor del producto cosechado, estimándose una DOECI y una DOECL para un riego de 80-60-0 con un rendimiento medio de 2.088 ton/ha, y un ingreso neto más costos fijos de \$ 11,974.00 y una TRCV de 4.873. Para dos riegos la DOECI fue de 80-60-0 con un ingreso neto más costos fijos de \$ 14,886.70 y un rendimiento medio de 2.256 ton/ha. La DOECL para esta misma condición de humedad fue de 40-60-0 con un rendimiento de 2.138 ton/ha, y una TRCV de 5.864, lo cual nos da una alternativa tanto para la disponibilidad de agua como de capital.

IX. BIBLIOGRAFIA

- 1.- Anónimo 1976. Manual para la elaboración de tesis e instructivo para la obtención del Examen de Grado en el Colegio de Postgraduados de Chapingo, México.
- 2.- Anónimo 1977. Fertilización. Serie Informe Técnico. Delicias, Chihuahua. SARH-INIA-MEX.
- 3.- Anónimo 1972. Informe anual del CIMMYT.
- 4.- Anónimo 1974. Manual de fertilizantes. N.P.F.I. Editorial Limusa. México.
- 5.- Briones, S.G. y Aguilar, S.H. 1977. Fertilización del trigo en el norte de Coahuila, Boletín Técnico S/N, Campo Agrícola Experimental Zaragoza, Coahuila. CIAN-INIA-SARH. México.
- 6.- Buckman, B.C. y Brady, N.C. 1977. Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed. Montaner y Simon S.A. Barcelona, España.
- 7.- Cochran, W.G. y Cox, G.M. 1978. Diseños experimentales 4a. Reimpresión. Ed. Trillas.
- 8.- Cueto, W. J.A., Galindo, P.R. y Leza, T.J.H. 1982. Riego por dulas en el norte de Coahuila, descripción. Primer encuentro nacional de docentes e investigadores en el manejo de recursos hidráulicos (ponencia), Veracruz, Ver.
- 9.- Cox, F.R. Kamprath E.J. and Lutz, J.F. 1977. A review of soil research in tropical America. Tech. Bull. No. 219 North Carolina Agricultural Experimental Station.

- 10.- De Anda, R. V. 1970. Efecto de la fertilización del suelo sobre la producción de grano y algunas características agronómicas del trigo en el Valle de Mexicali, B.C. Tesis profesional. Escuela Superior de Agricultura Hermanos Escobar, Ciudad Juárez, Chihuahua, Mex.
- 11.- Departamento de Agricultura de los Estados Unidos de América. 1978. Relación entre agua-suelo, planta, 5a. Impresión Ed. Diana Colección Ingeniería de Suelos.
- 12.- García, M.L. y Torres, B.C. 1978. Fertilización con NP sobre el rendimiento de cuatro variedades de trigo en el Valle de Mexicali, Agricultura Técnica en México. Vol. 4 No. 2 Enero-Diciembre 1978. INIA-SARH-MEX.
- 13.- González, E. D. R. y Aguilar, S.H. 1977. Determinación de la dosis óptima económica de fertilización y de finición de sistemas de producción de trigo en la región de Delicias, Chihuahua. Ciclo 1977. Informe Técnico 1972-77. INIA. SARH. MEX.
- 14.- Lee, R. V. 1973. Determinación de la fertilización óptima económica en el cultivo del trigo de Cd. Delicias, Chihuahua. Informe Técnico 1972-77. INIA. SARH. MEX.
- 15.- Lee, R. V. 1974. Determinación de la fertilización óptima económica en el cultivo del trigo Cd. Delicias, Chihuahua. Informe Técnico. 1972-77. INIA. SARH. MEX.
- 16.- Morones, R. R. 1981. Diseños experimentales. Notas del curso de diseños experimentales (Maestría)

Colegio de Postgraduados. U.A.A.A.N. Saltillo, Coah. Mex.

- 17.- Narro, F.E.A. 1970. Efecto de la fertilización nitrogenada y la humedad del suelo o sobre el comportamiento del trigo cultivado en Apodaca, N.L. Tesis Maestría Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey., México.
- 18.- Raman, R. and Singh S. N. 1978. Response of Weath to levels of zinc and plant in calcareous soils. Plant and soil 49 675-677 p.
- 19.- Randall, P.J. et al 1981. Sulfur and nitrogen fertilizer effects on weath. I. Concentrations of sulfur and nitrogen and nitrogen to sulfur ratio in grain, in relation to the yeld responde. Aust. J. Agric. Res. 1981. 32, 203-12.
- 20.- Rodríguez, B.F. y Torres B.C. 1980. Efecto de los fertilizantes sobre el rendimiento y la calidad del grano de trigo variedad Tesopaco S-76. Agr. Tec. en Mex. Vol. 6 No. 1. Enero-Junio. INIA. SARH. MEX.
- 21.- Russell, J.E. y Russell E.W. 1968. Condiciones del Suelo y Crecimiento de las Plantas. Ed. Aguilar 4a. Edición 36-39 p Madrid, España.
- 22.- Thorne, W.D. y Peterson H.B. 1969. Técnicas del riego, fertilidad y explotación de los suelos. 4a. Impresión. Ed. C.E.C.S.A. México.
- 23.- Takkar, P.N. and Mann M.S. 1978. Toxic levels of soil and plant zinc for maize and weath. Plant and Soils. 49:667-69 p.

- 24.- Torres, B.C. y Alvarado, B.A. 1979. El N-Serve y la fertilización con nitrógeno amoniacal en el cultivo del trigo. Agr. Tec. en Mex. Vo. 5. No. 2. Julio-Diciembre INIA. SARH. MEX.
- 25.- Torres, B.M. y Ortega, T.E. 1969. Fertilización del trigo en el Valle del Mayo. Folleto Tec. No. 54 INIA. SARH. MEX.
- 26.- Torres, R.E. 1980. Optimización del calendario de riego para trigo en el norte de Coahuila. Tesis Maestría Colegio de Graduados. Especialista en Suelos. U.A.A.A.N. Saltillo, Coahuila., México.
- 27.- Turrent, F.A. 1978. El método gráfico estadístico para la interpretación económica de experimentos conducidos con la matriz Plan Puebla I. No. 5 de escritos sobre la metodología de la investigación de productividad de agrosistemas. Rama de Suelos, C.P. Chapingo, México.

X. A P E N D I C E

Cuadro 1 A. Labores llevadas a cabo durante el desarrollo del cultivo de trigo, ciclo otoño-invierno - (1981-82) en el municipio de Zaragoza, Coahuila SARH-UAAAN-INIA.

Labores	Fecha
Preparación del terreno	
Barbecho	23 de octubre de 1981
Rastreo	23 de diciembre de 1981
Muestreo de suelo	25 de diciembre de 1981
Fertilización	30 de diciembre de 1981
Siembra	31 de diciembre de 1981
Tapa	31 de diciembre de 1981
Traza de riego	1º de enero de 1982
Riego (Besana)	1º de enero de 1982
1º riego de auxilio	9 de marzo de 1982
2º riego de auxilio	12 de abril de 1982
Toma de datos de altura	
1º Lectura	17 de enero de 1982
2º Lectura	7 de marzo de 1982
3º Lectura	26 de marzo de 1982
4º Lectura	13 de abril de 1982
5º Lectura	6 de mayo de 1982
Longitud de hoja bandera	6 de mayo de 1982
Longitud de espiga	6 de mayo de 1982
Cosecha	7 de mayo de 1982
Evaluación de rendimiento	15 de mayo de 1982

Cuadro 2 A. Análisis de varianza realizado a la variable rendimiento, para el cultivo de trigo en Zaragoza, Coahuila ciclo invierno 1981-82.

FV	GL	SC	CM	FC	F _I		Significancia
					.05	.01	
Repeticiones	2	43220.15	21610.08	0.1868	19.00	99.00	NS
Riego	1	4186517.40	4186517.40	36.198	18.51	98.19	*
Error (a)	2	231310.75	115655.38				
Fertilizante	9	23650401.00	2627822.30	19.00	2.15	2.94	**
Riego x Fer.	9	1201209.30	133467.70	.9865	2.15	2.94	NS
Error (b)	36	4960605.20	137794.59				
Total	59	34041950.00					

$$DMS_{(a)} = T_{\alpha/2} \text{ gl error}_{(a)} \sqrt{\frac{2(CME_{(a)})}{r b}} = 4.303 \sqrt{\frac{2(115655.38)}{30}} = 0.378 \text{ ton/ha.}$$

$$DMS_{(b)} = T_{\alpha/2} \text{ gl error}_{(b)} \sqrt{\frac{2(CME)}{r a}} = 2.030 \sqrt{\frac{2(137794.59)}{6}} = 0.435 \text{ ton/ha}$$

No. de Riegos

	1	2	1.817
\bar{X}	1.285	1.817	- 1.285
			0.532 ton/ha.

Hay significancia estadística, ya que la diferencia entre las medias de uno y dos riegos es mayor que la $DMS_{(a)}$.

Cuadro 3 A. Análisis económico de la respuesta de los tratamientos de la parcela chica.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Tratamientos		Notación de Yates	Rendimientos	Método automático de Yates	Efecto factorial	Identificación	Rendimiento promedio	Costos variables	Ingreso neto más costos - fijos. \$/ha	Incremento rendimiento ΔY Ton/ha	Incremento ingreso neto ΔIN \$/ha.	TRCV IN/CV	
No.	N P ₂ O ₅ kg/ha												
1	40 - 30	[1]	3.518	7.163	17.447	1.453	M	1.172	995.6	6798.20	0.772	4138.20	4.156
2	40 - 60	p	3.645	10.248	2.409	0.4015*	p	1.215	1370.8	6708.95	0.815	4048.95	2.953
3	80 - 30	n	3.983	0.127	3.085	0.5141*	n	1.327	1496.0	7328.00	0.927	4668.00	3.120
4	80 - 60	np	6.265	2.282	2.155	0.3591	np	2.088	1911.20	11974.00	1.688	9314.00	4.873
						0.362	EMS						
5	0 - 30		2.065					0.688	415.20	4160.00	0.288	1500.00	3.613
6	120 - 60		6.800					2.266	2451.00	12617.30	1.866	9957.30	4.061
7	40 - 0		2.090					0.696	540.40	4088.40	0.296	1428.40	2.643
8	80 - 90		5.325					1.775	2326.40	5487.35	1.375	2827.00	1.215
9	0 - 0		1.200					0.400	0	2660.00	0	-	-
10	85 - 46		3.680					1.226	1784.99	6367.91	0.826	3707.91	2.077

$$DMS = T_{5\%} \text{ gl error } \sqrt{\frac{2(CME)}{3}} = 2.030 \sqrt{\frac{(137794.59)}{3}} = 0.615 \text{ ton/ha.}$$

$$EMS = T_{10\%} \text{ gl error } \sqrt{\frac{CME(b)}{2^{k-2}r}} = 1.69 \sqrt{\frac{137794.59}{(2^{2-2})(3)}} = 0.362 \text{ ton/ha.}$$

Cuadro 4 A. Análisis económico de la respuesta de los tratamientos de la parcela chica

1		2		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Tratamientos		Notación	Rendimientos	Método automático de Yates	EFM	Identificación	Rendimiento promedio	Costo variable	Ingreso neto más costo fijo.	Incremento rendimiento	Incremento ingreso neto	TRCV			
No.	N kg/ha												P ₂ O ₅ kg/ha		
1	40	-	30	[1]	4.945	11.36	25.20	2.100	M	1.648	995.6	9963.6	0.925	15155.65	5.178
2	40	-	60	p	6.415	13.84	2.795	0.470*	p	2.138	1370.8	12846.9	1.415	8038.95	5.864
3	80	-	30	n	6.255	1.47	2.48	0.410*	n	2.085	1496.0	12369.25	1.362	7561.30	5.054
4	80	-	60	np	7.580	1.325	-0.145	-0.024	np	2.526	1911.20	14886.7	1.803	10078.75	5.2735
							EMS _{10%}	0.362							
5	0	-	30		2.655					0.885	415.20	5470.05	0.162	662.10	1.594
6	120	-	60		7.700					2.566	2451.60	14612.30	1.843	9804.35	3.999
7	40	-	0		2.540					0.847	540.40	5092.55	0.124	284.60	0.5266
8	80	-	90		7.600					2.533	2326.40	14518.05	1.810	9710.10	4.1738
9	0	-	0		2.170					0.723					
10	85	-	46		6.550					2.183	1784.99	12731.96	1.460		

$$DMS = T_{5\%} \text{ gl error } \sqrt{CME(b) \left(\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)} = 2.030 \sqrt{137794.59 \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{3} \right)} = 0.615 \text{ ton/ha.}$$

$$EMS = T_{10\%} \text{ gl error } (b) \sqrt{\frac{CME(b)}{2^{k-2} r}} = 1.69 \sqrt{\frac{137794.59}{2^{2-2} 3}} = 0.362 \text{ ton/ha.}$$

Cuadro 5 A. Análisis de varianza realizado en la variable altura final de trigo en Zaragoza, Coahuila 1981-82.

FV	GL	SC	CM	FL	FI		Significancia
					.05	.01	
Repeticiones	2	32.008	16.004	0.2496	19.00	99.00	NS
Riego	1	282.538	282.538	4.407	18.51	98.49	NS
Error (a)	2	128.208	64.104				
Fertilizante	9	3102.34	344.704	13.447	2.15	2.94	**
Riego x Fer.	9	66.068	7.340	0.2863	2.15	2.94	NS
Error (b)	36	922.802	25.63				
Totales	59	4405.43	74.66				

Cuadro 6 A. Análisis de varianza para la variable altura final de trigo en Zaragoza, Coahuila 1981-82

FV	GL	SC	CM	FL	FI		Significancia
					.05	.01	
Bloques	5	417.507	83.501	4.55	2.42	3.44	**
Tratamiento	9	3194.66	354.96	19.375	2.09	2.82	**
Error	45	824.613	18.32				
Total	59	4436.78					

$$CV = \frac{CME}{\bar{X}} \cdot 100 = \frac{18.32}{64.71} \cdot 100 = 6.61\%$$

$$DMS = T_{\alpha/2} \text{ gl error } \sqrt{\frac{2(CME)}{r}} = 2.014 \sqrt{\frac{(18.32)^2}{6}} = 4.97 \text{ cm}$$

Cuadro 7 A. Análisis de varianza realizado a la variable longitud de espiga en el cultivo del trigo en Zaragoza, Coahuila ciclo invierno 1981-82.

FV	GL	SC	CM	FC	FI		Significancia
					.05	.01	
Repeticiones	2	0.284	0.124	0.1717	19.00	99.00	NS
Riego	1	0.174	0.174	0.2409	18.51	98.49	NS
Error (a)	2	1.445	0.722				
Fertilizante	9	42.593	4.732	11.84	2.15	2.94	**
Riego x Fer.	9	1.892	0.210	0.528	2.15	2.94	NS
Error (b)	36	14.392	0.399				
Total	59	59.3					

Cuadro 8 A. Análisis de varianza para la variable longitud de espiga de trigo en Zaragoza, Coahuila ciclo invierno -- 1981-82

FV	GL	SC	CM	FC	FI		Significancia
					.05	.01	
Bloques	5	1.8680	0.3736	1.1331	2.43	3.46	NS
Tratamiento	9	42.5933	4.7325	14.3542	2.10	2.84	**
Error	45	14.8387	0.3297				
Total	59	59.30					

$$CV = \frac{CME}{\bar{X}} \cdot 100 = \frac{.3297}{7.87} \cdot 100 = 7.29 \%$$

$$DMS = T_{\alpha/2} \text{ gl error } \sqrt{\frac{2(CME)}{r}} = 2.014 \sqrt{\frac{2(0.3297)}{6}} = .6676$$

Cuadro 9 A. Análisis de varianza realizado a la variable longitud de hoja bandera en el cultivo de trigo en Zaragoza, Coahuila ciclo invierno 1981-82.

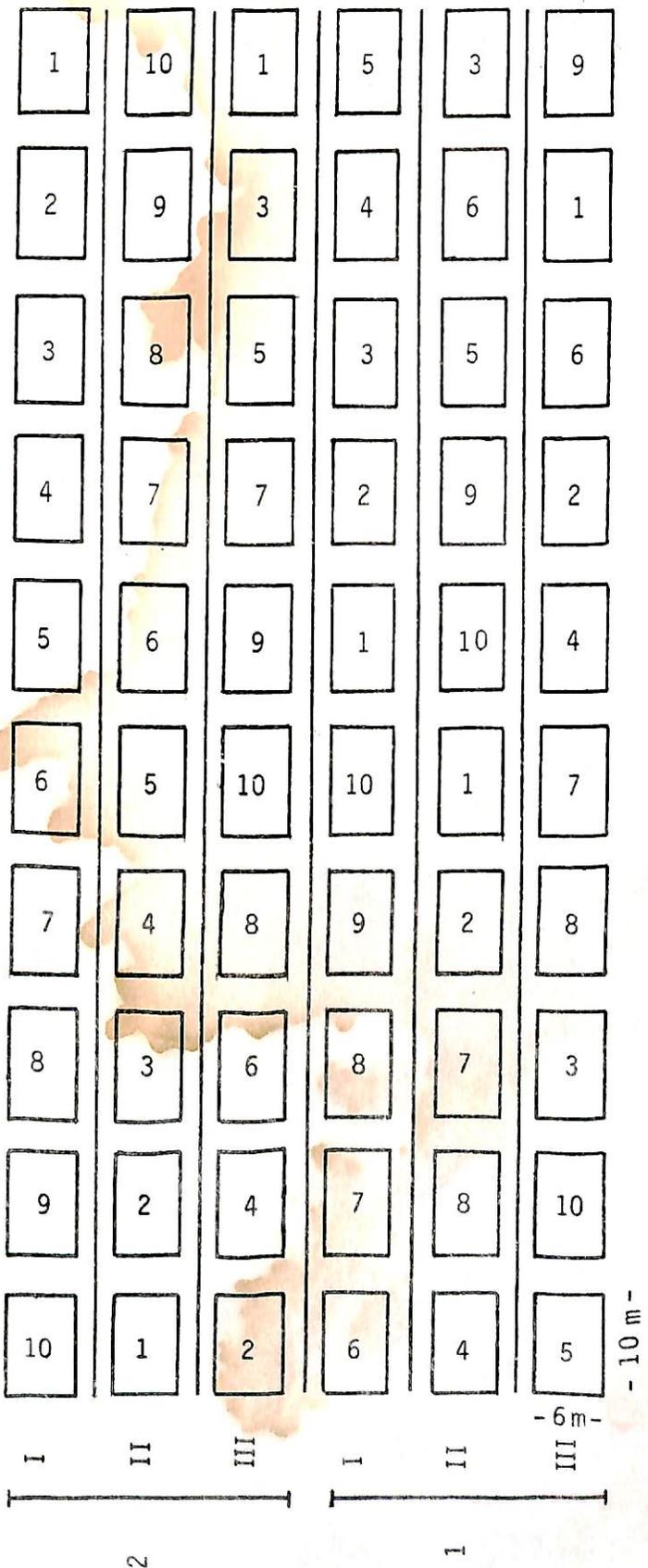
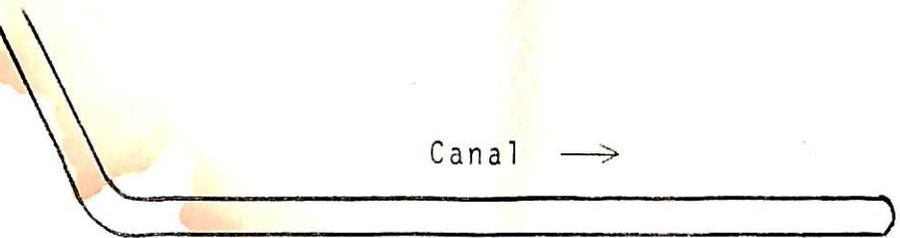
FV	GL	SC	CM	FC	FI		Significancia
					.05	.01	
Repeticiones	2	6.919	3.458	1.078	19.99	99.00	NS
Riego	1	6.2726	6.2726	1.957	18.51	98.49	NS
Error (a)	2	6.41	3.205				
Fertilizante	9	82.096	9.121	2.88	2.15	2.94	*
Riego x Fer.	9	27.681	3.075	0.971	2.15	2.94	NS
Error (b)	36	113.96	3.165				
Total	59	236.93					

Cuadro 10 A. Análisis de varianza realizado a la variable longitud de hoja bandera en el cultivo de trigo en Zaragoza, Coahuila ciclo invierno 1981-82.

FV	GL	SC	CM	FC	FI		Significancia
					.05	.01	
Bloque	5	24.598	4.917	1.6570	2.43	3.46	NS
Tratamiento	9	71.697	7.964	2.6843	2.10	2.84	*
Error	45	131.745	2.967				
Total	59	228.013					

CV = 11.21 %

DMS = 2.003 cm.



* 1 y 2 Riegos

Figura 1 A. Croquis de distribución de tratamientos de fertilizantes y número de riegos Zaragoza, Coahuila, 1981-82.