

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Escuela de Agricultura



**Uso de Tres Métodos para la Determinación de la
Dosis Optima Económica de Nitrógeno, Fósforo y
Densidad de Siembra para el Cultivo del Trigo en
la Barca, Jalisco**

ROSALIO BARAJAS CERVANTES

T E S I S

Presentada como requisito parcial

para obtener el título de:

INGENIERO AGRONOMO

S U E L O S

Guadalajara, Jal.

1978

A mis Padres

Jesús C. Barajas P.

Anamaría Cervantes

Con respeto y cariño por su esfuerzo

A Alicia

A mis Hermanos

Esperando que este trabajo

estimule la realización de

su carrera

A el Alma Mater

La Universidad de Guadalajara

Así también agradezco sinceramente a los Ings.:

M.C. Francisco Villalpando I, Rafael Ortíz -

Monasterio y José Antonio Sandoval M.

Director y Asesores respectivamente

A la Dirección de la Escuela de Agricultura por haber -
permitido la realización del trabajo de campo

A los Ings. M.C. Néstor G. Estrella Ch. y Ramón G.
Barraza M., por su valiosa participación en el trabajo

A mis compañeros: José del Rosario Esparza S., Miguel
Angel Valdovinos M. y Jorge A. Hernández P., por su -
participación en la elaboración del presente

Finalmente a la Srita. mecanógrafa Ma. A. Rosalía Huerta C.

El trabajo de campo se hizo en coordinación con el Campo -
Agrícola Experimental del Altiplano de Jalisco. INIA. CIAB.

CONTENIDO	PAG.
I. - INTRODUCCION	1
II. - DIAGNOSTICO DE LA REGION	2
1. Factores Geográficos	3
1.1 Localización Geográfica	3
1.2 Orografía	3
2. Descripción de la Zona de Riego	3
3. Clima	5
4. Recursos	6
5. Suelos	6
5.1 Origen	6
5.2 Clasificación	6
5.3 Drenaje	10
5.4 Manto Freático	11
5.5 Vías de Comunicación y Telecomunicaciones	11
6. Sistemas Agrícolas de Producción	12
7. Tecnología Regional del Cultivo del Trigo	13
III. - REVISION BIBLIOGRAFICA	15
IV. - OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS	21

	PAG.
V. - MATERIALES Y METODOS	23
1. Variables estudiadas	23
2. Espacios de exploración	23
3. Diseño de tratamientos	24
3.1 Matríz Plan Puebla I	24
4. Diseño experimental	25
5. Variedad usada	25
6. Trabajo de campo	25
6.1 Preparación del terreno	25
6.2 Siembra	26
6.3 Análisis de suelos	26
6.4 Fuentes de fertilización	27
6.5 Riegos	28
6.6 Malezas	28
6.7 Plagas y enfermedades	29
6.8 Floración	29
6.9 Cosecha	29
7. Análisis estadístico	30
8. Análisis económico	30
9. Métodos de análisis económico	34
9.1 Método gráfico modificado por Turrent	34

	PAG.
9.2 Método aritmético o de beneficios netos	43
9.3 Análisis matemático	45
VI. - RESULTADOS Y DISCUSION	48
1. Rendimientos unitarios	48
2. Análisis de varianza	48
3. Respuesta a los factores en estudio	50
4. Método gráfico modificado por Turrent	50
5. Método aritmético o de beneficios netos	57
6. Método matemático	63
VII. - CONCLUSIONES	66
VIII. - RESUMEN	70
IX. - BIBLIOGRAFIA	75

CONTENIDO DE CUADROS Y FIGURAS

P A G.

CUADRO No. 1	Datos Climatológicos	7
CUADRO No. 2	Lista de Tratamientos y sus Rendimientos Comerciales	49
CUADRO No. 3	Análisis de Varianza de los Tratamientos de la Matriz Experimental	51
CUADRO No. 4	Análisis de Varianza de los Tratamientos del Cubo	51
CUADRO No. 5	Técnica de Yates	53
CUADRO No. 6	Determinación del Ingreso Neto a los Tratamientos del Cubo	58
CUADRO No. 7	Tasa de Retorno al Capital. Método Gráfico Modificado por Turrent	59
CUADRO No. 8	Cálculo del Beneficio Neto. Método Aritmético o de Beneficios Netos	61
CUADRO No. 9	Análisis de Dominancia	62
CUADRO No. 10	Análisis Marginal de los Tratamientos no dominados	64
FIGURA No. 1	Gráfica de Respuesta a los Factores en Estudio	55
FIGURA No. 2	Obtención de dosis Óptimas Económicas al 0, 30 y 100% de Retorno al Capital. Método Gráfico	56

I. - INTRODUCCION

El trigo es uno de los cereales que por su importancia en consumo, ocupa el segundo lugar en nuestro país, ya que representa una fuente de proteínas para la humanidad.

Este cultivo en la zona de La Barca ha ocupado la mayor parte de su superficie en lo que se refiere a cultivos de invierno en los últimos años.

Al ser introducidas las prácticas de fertilización en los cultivos regionales, a fines de la década de 1940 -- 1950 los agricultores no contaban con ninguna norma que de alguna manera relacionara la clase y cantidad de fertilizante que debía aplicarse, con el nivel de productividad que gozaban los suelos en aquella época. Esto ocasionó que los agricultores basados principalmente en su solvencia económica eligieran las fórmulas de fertilización y por lo consiguiente pronto se estableció una completa anarquía en el uso de los fertilizantes.

En muchas ocasiones el agricultor creía poseer la experiencia necesaria para escoger la clase y cantidad-

de fertilizante que debía utilizar, pero como era de esperar éste no consideraba las variaciones que sufren tanto las condiciones ecológicas como los factores que intervienen en el aprovechamiento de éstos, como son : La densidad de siembra, las prácticas de riego, la preparación del terreno, la incorporación de abonos verdes y estercoladuras, el cultivo anterior y en general el tipo de cultivo a que estaban so-metidos estos suelos.

El presente trabajo es un intento por conocer las necesidades óptimas de nitrógeno, fósforo y densidad de -- siembra para el cultivo del trigo bajo condiciones de riego, en el Municipio de La Barca. Para conseguir esto se prue -- ban tres métodos, de los cuales dos de ellos no requieren cómputo electrónico.

II. - DIAGNOSTICO DE LA REGION

1. Factores Geográficos

1.1 Localización Geográfica

El Municipio de La Barca se encuentra ubicado - en la porción central del Edo. de Jalisco, que limita con - el Estado de Michoacán, teniendo una latitud Norte de - - 20°17' y una longitud Oeste de 102°33' y una altitud de -- 1,530 Mts. sobre el nivel del mar.

1.2 Orografía

El Municipio de La Barca presenta una topografía más o menos plana con pocos desniveles predominando altitudes entre los 1,500 y 2,100 Mts. sobre el nivel del -- mar. (7)

2. Descripción de la Zona de Riego

Esta pertenece al Distrito de Riego No. 87 que - opera con cuatro unidades : La Barca, Yurécuaro-Vista -

Hermosa, La Piedad y Angamacutiro comprendiendo un total de 33,200 hectáreas.

El vaso de almacenamiento para irrigar la superficie descrita, es la Presa Melchor Ocampo que se localiza sobre el Río Angulo, a 9 Kms. aguas arriba de su confluencia con el Río Lerma en el Municipio de Angamacutiro, Michoacán. Tiene una capacidad de almacenamiento de 200 millones de metros cúbicos que se aprovechan conjuntamente con 110 millones de metros cúbicos de escurrimientos del Río Lerma durante la época de riego.

A 9 Kms. aguas abajo de la Presa de almacenamiento se encuentra la Presa Derivadora Ing. Blas Balcárcel construídas sobre el Río Lerma. Esta Presa permite derivar las extracciones del vaso de almacenamiento y los escurrimientos del mismo río, hacia las Unidades La Barca y Yurécuaro-Vista Hermosa.

Los volúmenes necesarios para satisfacer las demandas de riego en la Unidad La Barca, se conducen por el canal principal denominado Canal Principal La Barca que

tiene una capacidad de conducción de 16 Mts. cúbicos por -
segundo y una longitud total de 50 Kms.. (3)

3. Clima

Según la modificación al sistema de clasificación -
climática de Köppen por Enriqueta García nos dá la siguien-
te clasificación para La Barca, Jalisco.

(A) C (w_o) (w) a (i') g.

Clima semicálido subhúmedo con una temperatura-
media anual de 20.7°C. y una precipitación media anual de-
765 mm.. Siendo el régimen de lluvias en verano con un --
porcentaje de lluvia de invierno menor al 5 % con respecto
al anual, la temperatura más alta se dá en el mes de ma-
yo siendo ésta de 22.9°C. y la más baja en enero con --
17.7°C. medias mensuales ambas, con una oscilación de -
temperaturas que va de 4 a 5°C. durante todo el año.(6)

En el cuadro No. 1 se presenta un concentrado -
de datos climatológicos para La Barca, Jalisco.

4. Recursos

La superficie total con que cuenta el Municipio - es de 39,333.10 Has. de las cuales el 68.14 % se dedican a la agricultura; a pastos naturales un 30.25 %; superficie que no es adecuada a la agricultura ni ganadería 1.21 % y con bosque 0.40 % . (7)

5. Suelos

5.1 Origen

Los suelos localizados en el Valle son de origen aluvial, donde el material madre predominante es de origen volcánico.

A fines del periodo cretáceo existían grandes depresiones en esta parte de la República que fueron paulatinamente rellenadas con azolves finos principalmente de tobas volcánicas (Riolíticas y andesíticas) y sus derivados procedientes de la erosión efectuada en las partes altas, posteriormente transportado y depositado por el actual Río Lerma, que en sus crecientes inundaba extensas zonas de la región.

CUADRO No. 1 DATOS CLIMATOLÓGICOS PROMEDIO DE 21 AÑOS PARA LA BARCA, JALISCO.

MES	TEMPERATURA MEDIA °C	PRECIPITACION (mm)	EVAPORACION (mm)	DIAS HELADOS	GRANIZADAS
ENERO	17.5	15.2	136.4	2.7	0.0
FEBRERO	19.0	2.4	165.6	1.9	0.0
MARZO	21.1	2.0	222.6	0.1	0.0
ABRIL	23.2	5.2	233.0	0.0	0.0
MAYO	25.2	21.1	259.1	0.0	0.1
JUNIO	24.7	158.1	200.5	0.0	0.2
JULIO	22.8	196.3	166.4	0.0	0.0
AGOSTO	23.1	173.4	159.7	0.0	0.1
SEPTIEMBRE	23.0	135.3	154.1	0.0	0.2
OCTUBRE	22.1	56.3	160.4	0.0	0.0
NOVIEMBRE	20.6	8.8	139.5	0.8	0.0
DICIEMBRE	18.0	11.9	122.2	2.4	0.0
ANUAL	21.7	786.0	2139.5	7.8	0.6

Fuente (14)

El estudio agrológico realizado en 1943 en los valles de La Barca, Jal. y La Piedad, Michoacán, señalan la posibilidad de que el origen de estos suelos se deba a la formación de grandes lagos, que existieron en tiempos muy remotos, cuando las emisiones volcánicas de la Sierra Madre Occidental y los volcanes del paralelo 19, impidieron la salida de las aguas continentales hacia los mares, formándose entonces los lagos mencionados, entre los más grandes se encontraban el que ocupaba la zona del Bajío y el de los valles cerrados de Zacoalco y Sayula.

Sin embargo en el mismo estudio se apunta también en forma general que, los suelos de los valles de La Barca y La Piedad no se pueden clasificar como suelos de "Origen Lacustre" mientras que el subsuelo si se ha formado por una sedimentación puramente subacuática. (3)

5.2 Clasificación

Según la clasificación de suelos de la FAO/UNESCO. Modificada por DETENAL los suelos se clasifican por orden de importancia como :

Vp/3a. Vertisol pélico de textura fina que ocupa un 59.82 % de la superficie total encontrándose la zona de riego dentro de este grupo de suelos.

Estos suelos son de textura arcillosa pesada que se agrietan notablemente cuando se secan, presentando dificultades para su labranza, pero con un manejo adecuado, son aptos para una gran variedad de cultivos, su fertilidad es alta. Si el agua de riego es de mala calidad, pueden alcalinizarse o salinizarse. Son suelos ligeramente ondulados con pendientes menores al 8 % con un duripan entre los 50 y 100 cm.

Vp/3b. Vertisol pélico de textura fina que ocupa una superficie del 12.53 % con respecto al total, son suelos agrícolas de buena calidad, las limitantes son : Terrenos pedregosos con fragmentos menores de 7.5 cm. en la superficie o cerca de ella, que impiden el uso de la maquinaria agrícola, estando además limitados por un duripan a los 50 cm.

Lv/2b. Luvisol Vértico. Estos suelos represen -

tan un 19.30 % en relación al total, son suelos con horizontes "A" ócrico o úmbrico y "B" argílico, son ricos en nutrientes, su agrietamiento es notable cuando se secan. Este tipo de suelo se presenta en una parte del área ocupada por pastos naturales donde se tienen lomeríos cuyas pendientes varían del 8 al 20 % .

Lv/3c. Luvisol Vértico. Este tipo de suelo ocupa un 8.35 % del total de la superficie del Municipio, se presenta en terrenos con disección severa, montañosos, con pendientes mayores al 20 %, los cuales por lo general no son aptos para las actividades agropecuarias.(11)

5.3 Drenaje

El drenaje natural de esta zona es deficiente. El drenaje interno es malo debido a las características moderadamente coloidales de las arcillas, que constituyen el horizonte superficial y la presencia de una capa impermeable a poca profundidad.

El drenaje superficial es inadecuado debido a la -

reducida pendiente del terreno. Sin embargo, podría considerarse que este problema se ha resuelto en parte por las obras de riego y drenaje que se han realizado en la zona.

5.4 Manto Freático

Hasta la fecha no se ha efectuado un estudio tendiente a verificar los niveles de manto freático en esta zona. Sólomente se hace notar que el manto freático no presenta ningún problema, sin embargo no se debe de pasar por alto que estos suelos son de reciente incorporación al riego, donde por carecer de una técnica adecuada para el manejo racional del agua se están usando láminas de riego excesivas, lo cual podría tener como consecuencia una modificación no deseable del nivel del manto freático, por lo cuál es muy recomendable se lleven a cabo trabajos tendientes al estudio freaticométrico correspondiente, y evitar en el futuro posibles problemas de salinización. (3)

5.5 Vías de Comunicación y Telecomunicaciones

El Municipio de La Barca, Jalisco, está comunica

do por los caminos de Guadalajara-La Barca, La Barca-Atotonilco- El Alto, entronque (Km. 14 La Barca-Atotonilco El Alto) El Carmen con longitud de 14 Kms. todos pavimentados.

La Noria- El Gobernador (revestido). Cruza también por la zona la línea Guadalajara-México, de los Ferrocarriles Nacionales de México teniendo dentro de éste la estación La Barca.

Dentro de la zona se cuenta con servicios de correos, telégrafos y teléfono en varios poblados, entre los cuales se cuentan: San José Casas Caídas, El Carmen y Portezuelo. Existe además en La Barca, una estación de Radio Comercial que trasmite con frecuencia de 1,090 Kc. y se identifica con las siglas XELB. (7)

6. Sistemas Agrícolas de Producción

Los sistemas agrícolas de producción más usuales por orden de importancia en el municipio son :

a)	Sorgo - Descanso - Sorgo -	14,659 Ha.
b)	Sorgo - Trigo - Sorgo -	4,921 Ha.
c)	Sorgo - Garbanzo - Sorgo -	3,120 Ha.
d)	Maíz - Garbanzo - Maíz -	1,580 Ha.
e)	Sorgo - Otros Cultivos - Sorgo -	1,300 Ha.

Fuente: Distrito de Temporal No. 7 La Barca, Jalisco. SARH.

7. Tecnología Regional del Cultivo del Trigo

El cultivo del trigo se lleva a cabo durante el ciclo de invierno, sembrándose del 1^o de Diciembre al 15 de Enero. Como se señala en el sistema agrícola "b" del inciso anterior, generalmente la siembra del trigo precede al sorgo.

La preparación del terreno consiste en pasar primeramente una desvaradora para destruir los residuos del sorgo, enseguida se realiza un barbecho y finalmente uno o dos pasos de rastra a fin de mullir algunos terrones que se hayan formado.

La siembra se realiza mecánicamente usando de

150 a 200 Kg. de semilla/Ha., la cuál se tapa con un paso de rastra quedando a una profundidad de aproximadamente - 5 cm.

La fertilización en el trigo es una práctica generalizada en el área, la información recabada sobre este aspecto señala que se usan de 130 a 180 Kg. de nitrógeno/Ha., - sobre fósforo no se obtuvo información. La oportunidad de - aplicación del fertilizante consiste en aplicar aproximada - mente un 50 % del nitrógeno y todo el fósforo al momento - de la siembra y el resto de nitrógeno antes del primer rie - go de auxilio.

La cosecha se realiza en forma mecánica durante la primera quincena de Mayo cuando el grano ha alcanzado - su madurez fisiológica. El rendimiento promedio reportado - para la zona es de 3,200 Kg./Ha.

El número de riegos que se realizan a lo largo - del ciclo es de cuatro, el primero ocurre inmediato a la - siembra a fin de asegurar la germinación y tres riegos de - auxilio distribuidos durante la fase de desarrollo, floración y formación de grano.

III. REVISION BIBLIOGRAFICA

Sánchez y otros

Recomiendan la aplicación de 120-30-00, en la siembra de trigo bajo condiciones de riego en la región del Bajío, y concluyen que una sólo aplicación de nitrógeno es tan eficiente o un poco mejor que aplicaciones fraccionadas. (18)

Puente, F. Sobral de Goes E., y Laird R. J.

Estudiando el efecto de aplicación del fertilizante al trigo, en el Campo Agrícola Experimental "La Cal Grande", Gto.; observaron que la aplicación de éste a los 40 ó 50 días después de la siembra se obtiene un rendimiento más alto de grano con una cantidad de proteína mayor que el fertilizado al momento de la siembra o 21 días después de ésta. (17)

Fernández, R. G. y Laird R. J.

Observaron en estudios realizados en el Campo - Agrícola Experimental "La Cal Grande", Gto., que cuando el cultivo recibe un tratamiento óptimo de humedad, los rendimientos aumentan 0.68 Ton./Ha. en los testigos y 4.46 - Ton./Ha. al aplicarle 150 Kg. de nitrógeno por hectárea.

Asímismo observaron que con la aplicación de - 50 Kgs. de nitrógeno, el contenido de proteína en el grano disminuye, pero aumenta con aplicaciones de 100 Kgs. o - más por hectárea. (5)

Arvizu y Laird R. J.

Reportan que una deficiencia de humedad durante el espigamiento y formación del grano, limitan el rendimiento y la respuesta a los fertilizantes, la conclusión de este trabajo es que bajo condiciones limitativas de humedad en - éstas etapas fisiológicas señaladas, un aumento en la dosis de fertilización no se asocia con el incremento en rendimiento.

(1)

Puente F. y Borlaug N. E.

Trabajando con diferentes distancias entre surcos, en el Campo Agrícola Experimental "La Cal Grande", Gto. con el fin de observar el grado de acame, que pudiera tener el cambio de algunos factores ambientales. Se encontró que había diferencia en " % de acame" con diferentes distancias entre surcos. Pero en producción no existía diferencia estadística significativa. Y en el caso de que se use trilladora se encontró diferencia porque esta no colecta el trigo acamado. (16)

Núñez R. y Aguilar S.

Observaron que las aplicaciones de fertilizante después de incorporar la soca del algodón en el Valle del Yaqui, Sonora. En los primeros ciclos no encontraron diferencia estadística significativa, pero después del tercer ciclo, encontraron que la aplicación de 100 Kgs. de nitrógeno por hectárea aumentaba considerablemente el rendimiento de trigo. (10)

Puente y otros

Probando la respuesta del trigo a los fertilizantes observaron que en terrenos con altos contenidos de materia orgánica éste no tiene ninguna respuesta. Pero en suelos con bajo contenido de materia orgánica, la respuesta es estadísticamente significativa. (17)

Estrada L.

Trabajando con tres métodos para determinar dosis óptimas económicas de fertilizante y densidad de población para capital ilimitado y limitado concluye que el uso del método matemático debe hacerse cuando las respuestas observadas gráficamente presenten curvaturas positivas y negativas, así como la respuesta lineal positiva y negativa que dificulten la interpretación gráfica de uno o más factores en estudio. Otra razón es la disponibilidad de un Centro de Cálculo.

En el caso de respuesta que no den lugar a duda al ser graficadas, su interpretación debe hacerse siguiendo el procedimiento descrito para el método gráfico modificado por Turrent, y cuando no se tenga facilidad de

un Centro de Cómputo.

Puesto que el método propuesto por Perrin et al - (13) trabaja a base de variables discretas (tratamientos) el mismo deberá usarse cuando se estudie una matriz de tratamientos de interpretación gráfica, cuyos espacios entre niveles de los factores sean reducidos (del orden de 20 Kg./Ha. por N o $P_2 O_5$) o bien cuando se esté estudiando la parte donde predomina la componente cuadrática de una superficie de respuesta con el propósito de afinar una recomendación de Dosis Optima Económica para Capital Ilimitado y Dosis Optima Económica para Capital Limitado.

El método propuesto por Perrin debe usarse en matrices de tratamientos que no permiten interpretación gráfica y en los casos en donde no existen facilidades de un Centro de Cómputo. (4)

Conclusión Bibliográfica

1. Revisando los trabajos en fertilización de trigo, y analizando un poco, sobre la problemática en lo que

se refiere a la producción de este cereal, se puede notar - que el incremento en el rendimiento, después de usar variedades de paja corta, este se ha incrementado, ya que a éstas las afecta menos, uno de los factores más negativos (el acame) que ha limitado notablemente la producción. Después de usar éstas variedades se pudieron aumentar los tratamientos de fertilización. Ahora con la problemática actual, es - necesario encontrar variedades doble enanas para poder aumentar las dosis de fertilización y así aliviar un poco la - crisis que existe en lo que se refiere a la producción de - alimentos.

2. Revisando trabajos realizados sobre uso de métodos para la obtención de dosis óptimas económicas de capital ilimitado y limitado, se encontró que los más utilizados son : El método gráfico modificado, modificado por Turrert, método aritmético o de beneficios netos por Perríñ y la regresión progresiva modificada R. P. M. (Stepwise)- que en capítulos posteriores se detallan.

IV. - OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS

Objetivos

1. Obtener una aproximación en el uso del nitrógeno, fósforo y densidad de siembra para el cultivo de trigo en el Municipio de La Barca, Jalisco.
2. Descripción de tres métodos usados para la obtención de dosis óptimas económicas de fertilizante y densidad de siembra para capital ilimitado y limitado.

Hipótesis

1. Los niveles de nitrógeno, fósforo y densidad de siembra limitan la producción de trigo en la zona de estudio.
2. La respuesta del cultivo del trigo a la aplicación de nitrógeno, se afecta con la oportunidad de dicha aplicación.

Supuestos

1. En el espacio de exploración estudiado se encuentran -

las dosis óptimas económicas de nitrógeno, fósforo y densidad de siembra para el cultivo del trigo en el área seleccionada.

2. Las fuentes de fertilizante, la variedad usada, la preparación del terreno, la fecha de siembra, son las adecuadas para la región.

V. - MATERIALES Y METODOS

~~Para probar las hipótesis planteadas se instaló~~ un experimento en los terrenos del Campo Experimental de San José Casas Caídas de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara.

1. - Variables estudiadas

Tomando en cuenta que los agricultores de esta zona, en lo que más invierten es en el fertilizante y semilla, el presente trabajo se efectuó en torno a las variables nitrógeno, fósforo y densidad de siembra.

2. Espacios de exploración

Los espacios de exploración fueron :

		Kg./Ha.			
Nitrógeno (N)	50	100	150	200	
Fósforo (P ₂ O ₅)	00	30	60	90	
Densidad de <u>siem</u> bra	100	130	160	190	

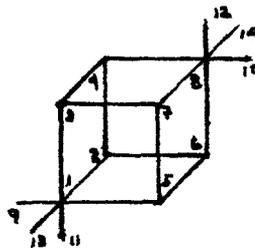
3. Diseño de Tratamientos

Para probar las respuestas del trigo al nitrógeno, fósforo y densidad de siembra se utilizó la matriz experimental Plan Puebla I. (19) Que nos permite hacer una interpretación gráfica y matemática de los resultados de ensayos sobre prácticas de producción en los cultivos.

Estudia los efectos simultáneos de un cultivo a más de un factor limitativo estudiando 2, 3 y 4 factores a la vez.

Se probaron tratamientos adicionales para estudiar la oportunidad de aplicación de los fertilizantes, instalándose también un testigo para comparar el análisis económico.

3.1 Matriz Plan Puebla



4. Diseño Experimental

En el sitio experimental se usó el diseño bloques completos al azar con tres repeticiones.

El tamaño de parcela fué de 9 Mts.² con 16 parcelas por bloque.

5. Variedad usada

El sistema de producción de la zona condiciona la utilización de variedades de ciclo corto, por lo cual se utilizó la Potam S-70.

6. Trabajo de campo

6.1 Preparación del terreno

Se hizo semejante a la preparación que hacen los agricultores de la zona consistiendo en :

Un barbecho y

Dos pasos de rastra

6.2 Siembra

En la siembra del experimento se usaron hilos y estacas, las parcelas se dividieron de 3 por 3 metros, - dejando un espacio de 0.6 Mts. entre parcela y 2 Mts. - entre bloques.

La siembra se realizó al voleo y se dió un paso de rastra para tapar la semilla.

6.3 Antes de la siembra, se colectaron muestras de sue los, a una profundidad de 20 cm. para realizarles un - análisis físico-químico en laboratorio, presentando los - resultados a continuación :

p. H. -----	7.15
Arena -----	14 %
Bimo -----	18 %
Arcilla -----	68 %
Textura -----	Arcilla
M. O. -----	1.61 %
N. T. -----	0.0077

Fósforo PPM -----	248
Calcio PPM -----	5661
Magnesio PPM -----	576
% Saturación -----	83
C. E. Saturación (m mhos/cm) ----	0.93

Los métodos empleados en el análisis fueron :

- a) Método de Boyoucos para textura
- b) El puente de Whwatstone, para conductividad eléctrica
- c) El método de potenciómetro para pH
- d) El método de Walkley y Black
- e) El método de Keldahl, para nitrógeno total
- f) El método Bray P_2 , para fósforo, potasio y calcio (12)

6.4 Fuentes de fertilizante y su aplicación

Las fuentes de fertilizante fueron :

Nitrato de amonio	33.5	%	N
Superfosfato triple de calcio	46.0	%	$P_2 O_5$

6.4.1 Aplicación

La fertilización se realizó en cada parcela expe-

rimental, al voleo, aplicando la totalidad del fósforo y la mitad de nitrógeno al momento de la siembra. A excepción de los tratamientos en los que se probó la oportunidad de aplicación, a éstos se les aplicó todo el fertilizante al momento de la siembra.

El resto del nitrógeno se aplicó antes del segundo riego a los 40 días después de la siembra.

6.5 Riegos

Una vez efectuada la siembra se procedió a dar el primer riego por inundación que se realizó el 14 de Enero de 1976, posteriormente a intervalos que el cultivo requería se aplicaron tres riegos de auxilio. El primero 40 días después de la siembra y los siguientes con un intervalo de 20 días aproximadamente.

6.6 Malezas

Durante todo el ciclo del cultivo el experimento se mantuvo libre de malezas haciendo el control manual.

6.7 Plagas y Enfermedades

Como bien es sabido en la región la rata de campo, es la principal plaga, por su alta proliferación, y por falta de control adecuado, esta sigue siendo endémica, para evitar daños al cultivo se hicieron aplicaciones de cebos envenenados.

6.8 Floración

La floración se observó uniforme en todos los tratamientos encontrándose el mayor porcentaje entre los días 27 y 30 de Marzo.

6.9 Cosecha

Esta se realizó el 18 de Mayo haciéndose el corte manual, tomando como parcela útil de 4 metros cuadrados, se hicieron manojos y después se procedió a la trilla y a pesar el grano por parcela.

Se determinó la humedad por parcela ajustándose al 12 % sobre base seca. Posteriormente todos los

resultados se concentraron en una hoja de codificación para su análisis estadístico.

7. Análisis Estadístico

La información experimental necesaria para el análisis estadístico, fué procesada para obtener rendimientos por hectárea y se efectuó el análisis de varianza para conocer el efecto de repeticiones, tratamientos y el debido al error experimental.

Para comparar la diferencia entre tratamientos se empleó la prueba de comparación de medias, diferencia mínima significativa (D.M.S.)

8. Análisis Económico

La combinación de los factores cuya ganancia neta sea mayor, determinará la D.O.E.C.I. (Dosis óptima económica de capital ilimitado) y la D.O.E.C.L. (Dosis óptima económica de capital limitado) estará definida por la combinación, cuyos costos variables no excedan al costo variable, -

que a juicio del investigador sea económicamente factible de usar por el agricultor.

Para estimar las dosis óptimas económicas se consideraron los precios de insumo y producto vigentes en inicios de 1978; es decir de \$ 2,157.52 Ton. de nitrato de amonio y de \$ 3,072.72 Ton. de superfosfato de calcio triple, \$ 4.75 Kg. de semilla certificada para siembra y \$ 2,600.00 Ton. de trigo.

Los costos reales unitarios se definieron de la siguiente manera :

Costo real = Costo unitario + Costo del interés sobre el crédito bancario + Costo promedio de transporte + Costo de aplicación. El costo sobre el interés del crédito bancario se consideró, como el 10 % del valor unitario del insumo a nivel comercial. Como costo de transporte se estimó un promedio de \$ 0.05 por Kg. de insumo. Finalmente el costo de aplicación, se dedujo de la siguiente manera: Una persona puede aplicar en promedio 100 Kg. de nitrógeno, por día y conjuntamente la mano de obra (\$ 80.00 por día) resulta que

el costo de aplicación de un Kg. de nitrógeno es de \$ 0.40 tomando en cuenta que la aplicación de la siembra se hace con máquina, sólo se tomaron los costos de aplicación de la mitad del nitrógeno, ya que ésta se hace manual.

De acuerdo a lo anterior se tiene:

		N	P ₂ O ₅
Precio del mercado	1 Kg.	6.440	6.680
Costo del interés	1 Kg.	0.644	0.668
Costo del transporte	1 Kg.	0.050	0.050
Costo de aplicación	1 Kg.	0.400	0.000
Costo Total	1 Kg.	7.534	7.398

Costo de la Semilla

Aproximadamente ésta tiene el 85 % de germinación, por lo que se ajustó aumentándole un 15 % de los Kgs./Ha. más el costo del interés bancario, más el costo del flete hasta el lugar de la siembra.

Costo de Semilla

Precio de un Kg. de trigo	\$ 4.75
Costo del interés bancario	\$ 0.475
Costo del flete	<u>\$ 0.05</u>
Costo Real	<u><u>\$ 5.275</u></u>

El precio del producto (trigo) se estimó a partir del precio de garantía vigente en Enero de 1978 y algunas consideraciones que a continuación se detallan :

Precio de garantía de 1 Kg.	\$ 2.60
Costos	
Trilla por kilogramo	\$ 0.208
Transporte al mercado/Kg.	\$ 0.05
Precio neto/Kg.	\$ 2.342

A continuación se presentan las relaciones, costo de los insumos/precio del producto, esto a tres niveles de retorno para el capital variable.

Relación (Costo de los insumos/precio del producto).

	TRC		$CN/CY = 7.534/2.342 = 3.216$
Nitrógeno N/Y	TRC 30 %		$CN/CY = 7.534/2.342 \times 1.3 = 4.18$
	TRC 100 %		$CN/CY = 7.534/2.342 \times 2 = 6.43$
	TRC		$CP/CY = 7.398/2.342 = 3.158$
Fósforo P/Y	TRC 30 %		$CP/CY = 7.398/2.342 \times 1.3 = 4.10$
	TRC 100 %		$CP/CY = 7.398/2.342 \times 2 = 6.316$
	TRC		$CS/CY = 5.275/2.342 = 2.252$
Densidad de Siembra	TRC 30 %		$CS/CY = 5.275/2.342 \times 1.3 = 2.928$
	TRC 100 %		$CS/CY = 5.275/2.342 \times 2 = 4.504$

9 Métodos de Análisis Económico

9.1 Método gráfico modificado por Turrent

El procedimiento que en esta sección se describe es una modificación propuesta por Turrent sobre el método original (19). La mecánica de éste método es la siguiente :

9.1.1 Listense los tratamientos estructurados por la combinación de los factores en estudio (Nitrógeno, Fósforo y densidad de Siembra). A cada tratamiento le corresponde el rendimiento promedio observado bajo condiciones experimentales, multiplicado por un factor de conversión a rendimiento que se espera obtener a nivel comercial y que en este estudio se estimó el 0.9 . Se espera que los resultados obtenidos por los agricultores, sean inferiores debido a :

- a) Se tiene una población de plantas más uniforme
- b) La cantidad de agua de riego es más uniforme
- c) Las prácticas de culturales son más eficientes

9.1.2 Con los resultados ya ajustados procédase a efectuar las gráficas correspondientes de los factores en estudio. Se obtienen también el análisis de varianza de los tratamientos del cubo. Los cuadrados medios del error de ambos análisis serán usados en cálculos posteriores.

9.1.3 Usando los rendimientos totales ajustados procédase aplicar la técnica de Yates a los tratamientos que dan lu-

gar al cubo para así determinar cuales efectos factoriales medios (EFM) son significativos a una determinada probabilidad de cometer error tipo I.

El número de las columnas a partir de la columna de totales son tantos como factores en estudio se tengan. La última determina los efectos factoriales medios que se obtienen al usar como divisor $2^n r$ para el tratamiento codificado (1) $2^{n-1} r$ para los restantes. (2)

La significancia de los efectos factoriales medios se obtiene usando como comparador el efecto mínimo significativo (EMS) de acuerdo a la fórmula :

$$EMS = t_{\alpha} (gl. EE) \sqrt{\frac{S^2}{2^{n-2} r}}$$

Donde $t_{\alpha} (gl. EE) = t$ de Student con los grados de libertad del error experimental estimado en el análisis de varianza de los tratamientos del cubo. α es la probabilidad de cometer el error tipo I. $S^2 =$ al cuadrado medio del error experimental estimado en el análisis de varianza de los tratamientos del cubo. $r =$ al nú

mero de repeticiones. 2^{n-2} = dos niveles elevados al número de factores menos dos.

Se trata de probar la hipótesis (H_0) de que los efectos factoriales medios son iguales a cero, contra la hipótesis alternante (H_a) de que éstos son diferentes que cero, por lo tanto para rechazar o no la hipótesis se toma la siguiente regla de decisión :

Si $E_{FM} < EMS$ no se rechaza

Si $E_{FM} > EMS$ se rechaza la H_0

Puede darse el caso de que el EFM no rebase el valor del EMS y que se encuentre muy cercano a éste último, en este caso si observando la gráfica original se nota una marcada respuesta al factor, y el error experimental es muy grande, lo cual hace que el EMS sea grande, deberá considerarse al EFM del factor como significativo.

9.1.4 Calcúlese el ingreso neto de los tratamientos mediante la función $IN = yY - CV$, donde: IN = Ingreso Ne-

to. y = al valor de un kilogramo de trigo. Y = al rendimiento y CV son los costos variables que a su vez están dados por la función. $CV = n N + p P + d DS$. En donde n = a costo real de un kilogramo de nitrógeno; N = a kilogramos de nitrógeno por hectárea que constituyen el tratamiento. p = es el costo real de un kilogramo de fósforo. P = Kg. de fósforo/Ha. que constituyen el tratamiento. d = al costo real de un kilogramo de semilla y DS = Kg. de semilla/Ha.

Aquel tratamiento que tenga el mayor IN. definirá la curva donde ha de determinarse la dosis óptima económica para capital ilimitado.

Con los tratamientos cuyos EFM fueron significativos dibújense nuevas gráficas y determínese el triángulo de relación de insumo producto y con un juego de escuadras proyéctese la hipotenusa de este triángulo en la curva que nos dé el tratamiento de máximo ingreso neto, esto dará la dosis óptima económica para capital ilimitado.

9.1.5 Para determinar la dosis óptima económica para capital limitado se procede de la siguiente manera :

Calcúlese una diferencia mínima significativa mediante la fórmula :

$$DMS = t_{\alpha} \text{ (gl. EE)} \sqrt{S^2 \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}$$

En donde t_{α} (gl. EE) y la t de Student de tablas con los grados de libertad del error experimental estimado en el análisis de varianza de los tratamientos de la matriz experimental, α = a la probabilidad de cometer el error tipo I. S^2 = al cuadrado medio del error experimental estimado en el mismo análisis de varianza. n_1 y n_2 son el número de observaciones que dan lugar a las medias de tratamiento a probar.

Con el resultado de la DMS pruébese la diferencia entre los tratamientos de los factores que fueron estadísticamente significativos, contra las prolongaciones de cada uno de estos, y con los cálculos de las medias de tratamientos probados, aquel que se le encuentre significancia-

estadística, deberá incluirse al análisis para la dosis óptima económica de capital limitado.

9.1.6 Listense los tratamientos de los factores en los que se encontró significancia, y las prolongaciones que después de aplicarse la DMS, se encontró diferencia estadística significativa, además inclúyase el rendimiento del testigo.

Calcúlese el incremento en el rendimiento dado por la diferencia de rendimiento promedio de cada tratamiento y el rendimiento promedio del testigo. Después calcúlese el incremento en el Ingreso Neto. ΔIN . Dado por la función $\Delta IN = y \Delta Y - CV$ en donde y = al valor de un kilogramo de trigo, ΔY = incremento en rendimiento y CV = a costo variable anteriormente definido. Finalmente obténgase la relación $\Delta IN/CV$ (tasa de retorno al capital). El tratamiento que presente la tasa de retorno mayor, deberá ser considerado como la dosis óptima económica para capital limitado.

9.1.7 Otros casos que se pueden presentar son :

- a) El efecto factorial medio de un sólo factor es significativo, en este caso los tratamientos del cubo, se reducen a dos y sus rendimientos estarán dados por el promedio sobre los rendimientos de los factores que no resulten significativos y de éstos el nivel más bajo estudiado dentro del cubo, será el que acompañe a los tratamientos resultantes.
- b) El efecto factorial medio de las interacciones de dos factores es significativo en este caso debe considerarse, como si el efecto factorial medio de los factores en forma individual fuera significativo, produciendo a cuatro tratamientos y se obtiene un promedio del factor que no fué significativo.
- c) El efecto factorial medio de las tres interacciones es significativo, en este caso la interpretación debe hacerse para los tres factores y el procedimiento a seguir es el descrito por el método original (19), para la dosis óptima económica para capital ilimitado y para la

dósis óptima económica de capital limitado sĳganse los -
pasos 9.1.4 y 9.1.5.

d) El efecto factorial de un factor y la interacción de -
los otros dos factores son significativos. En este caso, -
debe interpretarse para los tres factores y el procedi --
miento a seguir es el descrito por el método original -
(19). Para la dósis óptima económica de capital ilimitado
y para la dósis óptima de capital limitado sĳganse los pa_
sos descritos anteriormente en los incisos 9.1.4 y 9.1.5.

e) Ningún efecto factorial medio es significativo, en este
caso los tratamientos del cubo se vuelven un tratamiento
que es el promedio del rendimiento de éstos y sus nive-
les serán los mĳnimos estudiados. Se hacen nuevas grá-
ficas con este punto y las prolongaciones de los factores
estudiados se obtiene el triángulo de la relación insumo/-
producto, se proyecta con un juego de escuadras la hipote_
nusa del mismo y donde sea tanqueta a la curva, se de -
termina la DOECI. Para determinar la DOECL sĳganse -
los pasos 9.1.4 y 9.1.5.

9.2 Método Aritmético o de Beneficios Netos

Este método corresponde al propuesto por Perrin et al (13) y consiste en hacer una interpretación desde el punto de vista económico de los resultados que se obtengan con cualquier tipo de matriz de tratamientos.

9.2.1 De acuerdo a los autores (13) primeramente debe hacerse un presupuesto parcial a los datos promediados que finalmente lleve a determinar el beneficio neto en pesos por hectárea por tratamiento. En síntesis, el procedimiento contempla que el cálculo del beneficio bruto multiplicado por el rendimiento promedio por tratamiento por el valor de un kilogramo de trigo al cuál se le substraen el valor de los costos variables para dar lugar al beneficio neto.

9.2.2 Una vez determinados los beneficios netos procedase a listar los tratamientos, de mayor a menor con respecto al beneficio neto y con este listado se efectúa un análisis de dominancia, que consiste en eliminar el tratamiento cuyo costo variable sea mayor o igual, al tratamiento inmediata-

mente superior, que tiene asociado un mayor beneficio neto, en esta lista deben incluirse todos los tratamientos.

9.2.3 Con los tratamientos no dominados se procede a realizar un análisis marginal de los mismos, con el propósito de estimar la tasa de retorno marginal.

La tasa de retorno marginal se obtiene por la relación beneficio neto marginal/costo marginal. En seguida de acuerdo a los autores (13) se debe fijar una tasa de retorno marginal al capital y que los tratamientos que la rebasen, el que presente mayor beneficio neto determinará la dosis óptima económica para capital ilimitado y el tratamiento de máxima tasa de retorno marginal determina la dosis económica para capital limitado, que en este caso se fijó al 30 y 100 % respectivamente.

De acuerdo a Laird se considera que el primer criterio se aplica a los productores que trabajan con crédito de la banca oficial y tienen sus siembras aseguradas, este % es aproximado al importe del crédito bancario, servicios del banco, Seguro Agrícola, y otros gastos hechos al-

obtener el crédito.

El criterio del retorno al capital del 100 % - se aplica más bien a los productos que utilizan sus propios fondos y no tienen sus siembras aseguradas, éste está en función del riesgo, incertidumbre y escasez de capital del agricultor (8).

9.3 Análisis Matemático, utilizando la Regresión Progresiva Modificada RPM (Stepwise)

Esta técnica de regresión se utilizó para encontrar la mejor ecuación matemática, la cual se usó para determinar la dosis óptima económica por el método matemático.

Este procedimiento de selección progresiva de variables examina cada variable independiente de acuerdo a su contribución a la R^2 (Coeficiente de correlación múltiple al cuadrado) y a su significancia, mediante una prueba parcial de F a un nivel previamente fijado.

Este procedimiento R.P.M. reexamina cada -

paso de la regresión de las variables independientes incorporadas dentro del modelo en una etapa previa de modo que una variable que se haya seleccionado al principio, como la mejor variable individual, puede en una etapa posterior, ser excluida del modelo de regresión debido a que no resulte significativa cuando esté acompañada de otras variables seleccionadas en pasos posteriores.

El procedimiento de la R.P.M. es como sigue:

a) Se elige la variable que esté más altamente correlacionada con la variable dependiente. Sea X_1 ésta variable. Y se efectúa la regresión y prueba de F.

b) Usando el coeficiente de correlación parcial, selecciona la siguiente variable a entrar en el modelo de regresión, siendo aquella que tenga el coeficiente de correlación parcial más alto. Sea X_2 ésta variable.

c) Se efectúa la regresión de la variable dependiente sobre X_1 y X_2 . Este método examina la contribución que X_1 hubiera tenido si X_2 hubiese sido seleccionada primero y X_1 haya entrado en segundo término a la re-

gresión. Se calcula la F parcial de X_1 , si es significativa permanece en el modelo, caso contrario se elimina.

d) El procedimiento continúa, eligiendo la siguiente variable independiente que tenga el coeficiente de correlación más alto sea ésta variable X_3 . Se efectúa la regresión considerando las variables ya seleccionadas (X_1 , X_2 y X_3), se calculan las pruebas parciales de F, y si alguna de las variables X_1 ó X_2 , su valor de F parcial no es significativo, se elimina del modelo de regresión. El procedimiento termina con la última variable que es seleccionada y cuyo valor de F parcial ya no alcanza el nivel de significancia establecido al inicio de la selección. (20)

IV. - RESULTADOS Y DISCUSION

1. Rendimientos Unitarios

En el cuadro No. 2 se presentan los rendimientos obtenidos para los tratamientos ajustados a nivel comercial, en los que se observa la diferencia entre tratamientos que va desde 2,241.6 Kg./Ha. el tratamiento testigo, hasta el de mayor rendimiento que fué de 4,572.7 Kg./Ha.

2. Análisis de Varianza

Los análisis de varianza efectuados a los factores en estudio tanto para los 16 tratamientos ensayados como para los 8 tratamientos del cubo de la matriz experimental empleada, en los cuadros Nos. 3 y 4 se presentan los datos e indican que en el sitio experimental hubo diferencia estadística significativa entre tratamientos. No así entre bloques, esto indica que el diseño experimental utilizado no fué el adecuado, puesto que no captó la variación del suelo o bien que el suelo es tan homogéneo que se pudo haber usado un diseño experimental completamente al azar.

CUADRO No. 2 RENDIMIENTOS AJUSTADOS POR EL FACTOR DE CONVERSION 0.9 A - NIVEL COMERCIAL

No. DE TRAT.	N	K-g. / P ₂ O ₅	Ha. D. S.	RENDIMIENTO EN Kg./Ha.
1	100	30	130	4,399.5
2	100	30	160	3,930.7
3	100	60	130	4,021.5
4	100	60	160	3,909.0
5	150	30	130	4,038.0
6	150	30	160	3,987.7
7	150	60	130	4,572.7
8	150	60	160	4,299.7
9	50	30	130	2,951.2
10	200	60	160	4,227.7
11	100	00	130	3,871.5
12	150	90	160	4,193.2
13	100	30	100	3,525.7
14	150	60	190	4,363.5
15 *	150	60	160	3,222.0
16 **	00	00	160	2,241.6

* Tratamiento de oportunidad de aplicación del nitrógeno

** Tratamiento testigo

DMS = 232 Kg./Ha.

Se determinó el grado de confiabilidad de los resultados experimentales, con un coeficiente de variación que fué de 7.10 % considerándose bueno para estas condiciones.

3. Respuesta a los Factores de Estudio

La respuesta a los factores de estudio por medio de la técnica de Yates, fué la siguiente: Se encontró significancia estadística positiva a la interacción de nitrógeno, fósforo y significancia estadística negativa a densidad de siembra, como se observa en el cuadro No. 5

La respuesta a los factores en estudio obtenida por medio de la técnica de regresión progresiva modificada R.P.M. (Stepwise) se encontró significancia estadística para nitrógeno y nitrógeno cuadrático.

4. Método Gráfico Modificado por Turrent

Como se explica en el inciso 9.1 de Materiales y Métodos, con los datos presentados en el cuadro No.2

CUADRO No. 3 ANALISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS DE LA MATRIZ EXPERIMENTAL.

C.V. = 7.10

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	F. t.		
					0.10%	0.05%	
REP.	2	241,975.0	120,987.5	1.610	2.49	3.32	N.S.
TRAT.	15	16'610,995.7	1'107,399.7	14.742	1.72	2.015	**
ERROR	30	2'253,458.0	75,115.2				
TOTAL	47	19'106,429.0					

CUADRO No. 4 ANALISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS DEL CUBO.

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F. c.	F. t.		
					0.10%	0.05%	
REP.	2	328,757.25	164,378.62	1.759	2.73	3.74	N.S.
TRAT.	7	1'273,765.09	181,966.44	1.947	2.19	2.77	N.S.
ERROR	14	1'308,048.74	93,432.05				
TOTAL	23	2'910,570.22					

F. c. < F. t. - No hay significancia estadística

F. c. > F. t. - Si hay significancia estadística

N. S. ----- No hay significancia estadística

** ----- Altamente significativa

se procedió hacer las gráficas correspondientes de respuesta a los factores en estudio. Fig. No. 1

En el cuadro No. 5 se presentan los resultados obtenidos después de haber aplicado la técnica de Yates, para determinar la significancia de los factores y su interacción a una probabilidad del 10 %.

De acuerdo a Yates (2) las letras minúsculas encerradas en el paréntesis en la columna titulada Código de Yates indica lo siguiente: (l) Los factores en estudio se encuentran a su nivel más bajo; (d) el factor densidad de siembra se encuentra a su nivel más alto y los factores nitrógeno y fósforo a su nivel más bajo; (dp) los factores densidad de siembra y fósforo se encuentran a su nivel más alto y el nitrógeno a su nivel más bajo y así sucesivamente para las otras codificaciones.

4.1 Para la obtención de la dosis óptima económica de capital ilimitado; se obtuvo de los tratamientos del cubo los ingresos netos y aquel que presentó el mayor ingreso neto definió la curva en la que se encontró la dosis óptima eco-

CUADRO No. 5 TECNICA DE YATES APLICADA A LOS TRATAMIENTOS DEL CUBO

No.	CODIGO DE YATES	SUMA DE - REPETICIONES	I	II	III	EFM		
1	(l)	13,198	24,990	48,782	99,477	4,144	M	
2	(d)	11,792	23,791	30,694	- 2,713	- 226	D	*
3	(p)	12,064	24,077	- 1,743	1,341	111	P	NS
4	(pd)	11,727	26,617	- 969	400	33	PD	NS
5	(n)	12,114	- 1,406	- 1,199	1,912	159	N	NS
6	(nd)	11,963	- 337	2,540	774	64	ND	NS
7	(np)	13,718	- 150	1,068	3,739	311	NP	*
8	(npd)	12,899	- 819	- 668	1,737	144	NPD	NS

EFM < EMS - No hay significancia estadística

EFM > EMS - Si hay significancia estadística

NS - No hay significancia estadística

* - Significancia estadística

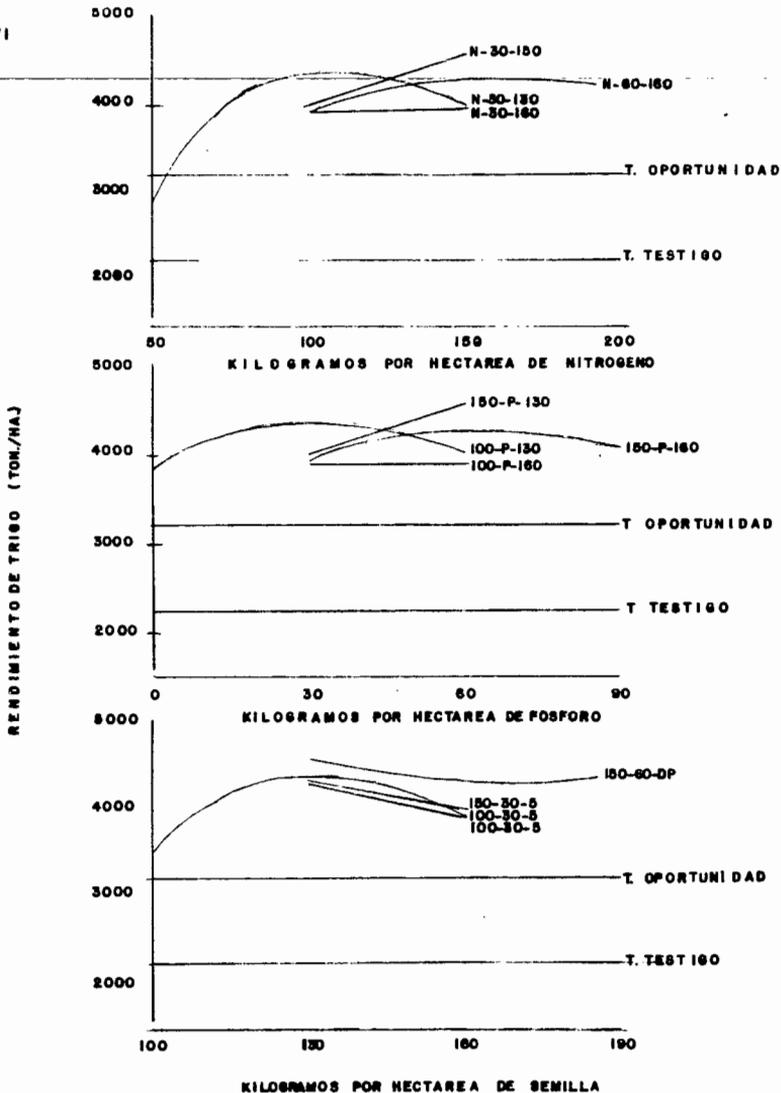
EMS = 219

nómica para capital ilimitado, como se explica en el inciso 9.1.4 de Materiales y Métodos. En este caso el tratamiento que la definió fué el 100-30-130 que nos indica Kgs. de nitrógeno, fósforo y densidad de siembra/Ha., como se observan en el cuadro No. 6. Con los tratamientos anotados en el cuadro No. 6 y usando sus prolongaciones para los factores cuyos efectos factoriales medios fueron significativos, se dibujaron las gráficas, se determinó el triángulo de insumo producto (19) y con un juego de escuadras se proyectó la hipotenusa de este triángulo a la curva que nos definió el tratamiento de mayor ingreso neto y donde hizo tangente nos definió la dosis óptima económica para capital ilimitado que fué de 100-30-130, que se presenta en la Fig. No. 2.

4.2 Para determinar la dosis óptima económica para capital limitado se procedió de la siguiente manera: Con la diferencia mínima significativa (DMS) que en este caso fué de 232 Kg./Ha.. A continuación se probó la hipótesis siguiente: La diferencia de las medias de los tratamientos del cubo contra sus prolongaciones y en el que se encontró significancia se incluyó en el análisis para la obtención

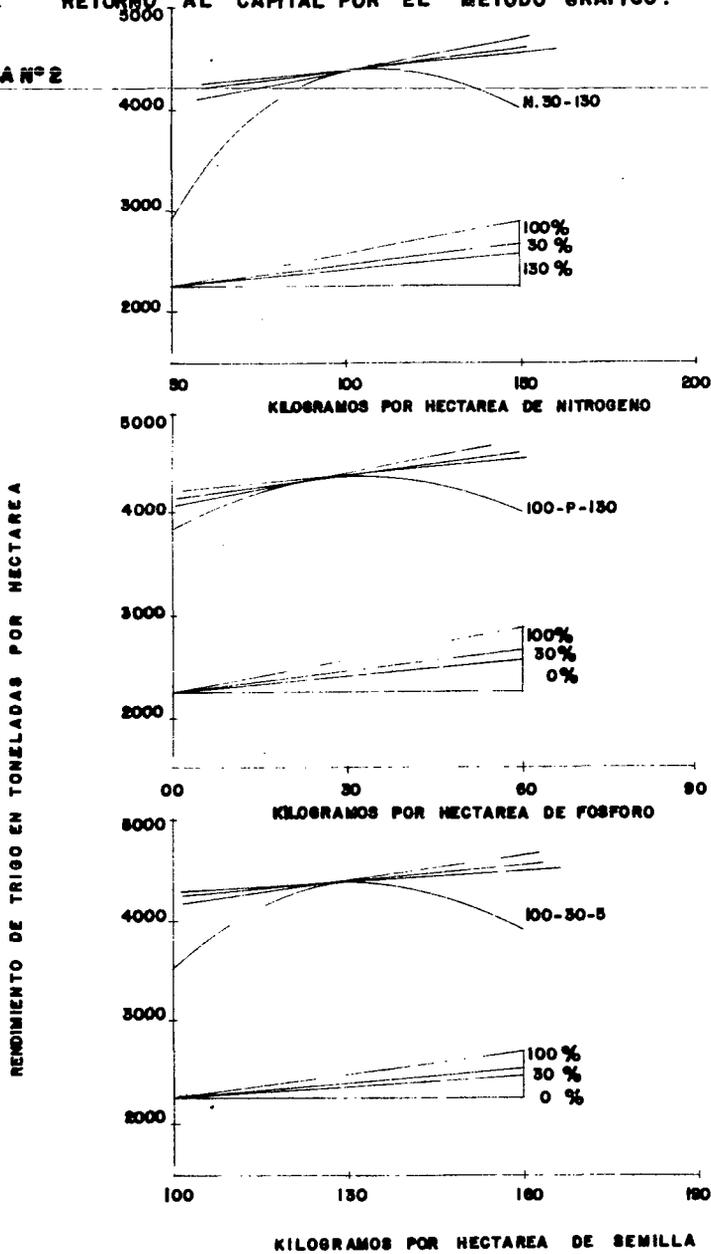
GRAFICAS DE RESPUESTA DE LOS FACTORES EN ESTUDIO

GRAFICA N°1



OBTENCION DE DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS AL, 0, 30, Y 100 % DE RETORNO AL CAPITAL POR EL METODO GRAFICO.

GRAFICA N° 2



de la dosis óptima económica de capital limitado.

De acuerdo al cuadro No. 7 se listaron los -
tratamientos del cubo más las prolongaciones que fueron -
estadísticamente significativas, además el testigo para obte-
ner el incremento en rendimiento y así determinar la tasa
de retorno al capital. Como se indica en el inciso 9.6 de-
Materiales y Métodos.

En el cuadro No. 7 se observa que el trata -
miento 100-30-130 Kgs. de nitrógeno, fósforo y semilla/Ha.
define la dosis óptima económica para capital limitado.

Nótese que en el uso de éste método para de-
terminar las dosis óptimas económicas para capital ilimita-
do y limitado nos dá prácticamente el mismo tratamiento,
por haberse usado espacios de explotación amplios, ya que
no se contaba con información confiable de trabajos efec -
tuados sobre estos factores en esta zona.

5. Método Aritmético o de Beneficios Netos

De acuerdo a los autores (13) se obtuvo el be-

CUADRO No. 6 DETERMINACION DEL INGRESO NETO A LOS TRATAMIENTOS DEL CUBO

No.	TRATAMIENTO	B. B.	C. V.	I. N.
1	100 - 30 - 130	10,303.62	1,625.34	8,678.28
2	100 - 30 - 160	9,205.46	1,775.34	7,430.12
3	100 - 60 - 130	9,418.35	1,847.28	7,571.07
4	100 - 60 - 160	9,154.17	1,997.28	7,156.89
5	150 - 30 - 130	9,456.99	2,002.04	7,454.95
6	150 - 30 - 160	9,338.25	2,152.04	7,186.21
7	150 - 60 - 130	10,724.48	2,223.98	8,500.50
8	150 - 60 - 160	10,069.66	2,373.98	7,695.68

B. B. - Beneficio Bruto

C. V. - Costo Variable

I. N. - Ingreso Neto

CUADRO No. 7 ESTIMACION DE LA TASA DE RETORNO AL CAPITAL
 POR TRATAMIENTO CUYO VALOR MAXIMO DETERMI
 NARA LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA PARA CAPITAL
 LIMITADO

No.	TRATAMIENTO	RENDI- MIENTO	C. V.	Δ REN- DIMIENTO	Δ I. N.	Δ I. N./C. V.
1	100 - 30 - 130	4.399	1,625.34	2.157	5,053.80	3.100
2	100 - 30 - 160	3.930	1,775.74	1.689	3,955.87	2.228
3	100 - 60 - 130	4.021	1,847.28	1.779	4,168.52	2.256
4	100 - 60 - 160	3.909	1,997.28	1.667	3,905.05	1.955
5	150 - 30 - 130	4.038	2,002.04	1.796	4,207.16	2.101
6	150 - 30 - 160	3.987	2,152.04	1.746	4,089.36	1.900
7	150 - 60 - 130	4.572	2,223.08	2.331	5,459.43	2.455
8	150 - 60 - 160	4.299	2,373.98	2.058	4,820.07	2.030
10	200 - 60 - 160	4.227	2,750.68	1.986	4,651.21	1.690
12	150 - 90 - 160	4.193	2,595.42	1.952	4,571.58	1.762
14	150 - 60 - 190	4.363	2,593.98	2.122	4,969.72	1.915
16	00 - 00 - 160	2.241	800.00			

Δ I. N. - Incremento Neto

Δ I. N./C.V. - Tasa de retorno al capital

C. V. - Costos Variables

beneficio neto en pesos por hectárea para cada tratamiento como se observa en el cuadro No. 8. Una vez determinados los beneficios netos se procedió a listar los tratamientos de mayor a menor en relación al beneficio neto, y con este listado se procedió a hacer el análisis de dominancia, explicado en el inciso 9.2.2 de Materiales y Métodos, como se presenta en el cuadro No. 9. Con los tratamientos no dominados se realizó el análisis marginal, el cual se presenta en el cuadro No. 10, para obtener la dosis óptima económica para capital ilimitado y limitado con los criterios descritos por (8). Estos se obtuvieron de la siguiente manera: Primeramente se estimó el incremento marginal en beneficio neto, que en el ejemplo que se analiza, los \$ 445.64 que se invierten en el tratamiento correspondiente, sería de : --
 $\$ 5,666.07 - \$ 4,449.82 = \$ 1,216.25$. El próximo incremento posible es gastar \$ 157.40 adicionales en 50 Kg. de nitrógeno/Ha. pero disminuyendo el fósforo a cero, esto nos lleva al tratamiento 100-00-130 Kg. de nitrógeno, fósforo y semilla/Ha, que nos daría un incremento en beneficio neto de \$ 2,002.04.

CUADRO No. 8 CALCULO DEL BENEFICIO NETO POR TRATAMIENTO A PARTIR DE LOS RENDIMIEN - TOS PROMEDIADOS

No. TRAT.	Kg. / Ha.			REND. TON./Ha.	\$/ Ha.		
	N	P ₂ O ₅	D. S.		B. B.	C. V.	B. N.
1	100	- 30	- 130	4,3995	10,303.62	1,625.34	8,678.28
2	100	- 30	- 160	3,9307	9,205.69	1,775.74	7,429.95
3	100	- 60	- 130	4,0215	9,418.35	1,847.28	7,571.07
4	100	- 60	- 160	3,909	9,154.87	1,997.28	7,157.59
5	150	- 30	- 130	4,038	9,456.99	2,002.04	7,454.95
6	150	- 30	- 160	3,9877	9,339.19	2,152.04	7,187.15
7	150	- 60	- 130	4,5727	10,709.26	2,223.08	8,486.18
8	150	- 60	- 160	4,2997	10,069.89	2,373.98	7,695.91
9	50	- 30	- 130	2,9512	6,911.71	1,245.64	5,666.07
10	200	- 60	- 160	4,2277	9,901.27	2,750.68	7,150.59
11	100	- 00	- 130	3,8715	9,067.05	1,403.04	7,664.01
12	150	- 90	- 160	4,1932	9,820.47	2,595.42	7,225.05
13	100	- 30	- 100	3,5257	8,257.18	1,475.34	6,781.84
14	150	- 60	- 190	4,3635	10,219.31	2,523.98	7,695.15
15*	150	- 60	- 160	3,2220	7,545.92	2,313.98	5,231.94
16**	00	- 00	- 160	2,2416	5,244.90	800.00	4,449.82

* - Tratamiento de oportunidad de aplicación del nitrógeno

** - Tratamiento testigo

B. B. - Beneficio Bruto

C. V. - Costo Variable

B. N. - Beneficio Neto

CUADRO No. 9 ANALISIS DE DOMINANCIA DE LOS TRATAMIENTOS

B. N.	Kg. / Ha.		D.S.	C. V.	
	N	P ₂ O ₅			
8,678.28	100	30	130	1,625.34	
8,486.18	150	60	130	2,223.04	*
7,695.91	150	60	160	2,373.98	*
7,695.15	150	60	190	2,523.98	*
7,571.07	100	60	130	1,847.28	*
7,664.01	100	00	130	1,403.04	
7,454.95	150	30	130	2,002.04	*
7,429.95	100	30	160	1,775.74	*
7,225.05	150	90	160	2,595.42	*
7,187.15	150	30	160	2,152.04	*
7,157.59	100	60	160	1,997.28	*
7,150.59	200	60	160	2,750.68	*
6,781.84	100	30	100	1,475.34	*
5,666.07	50	30	130	1,245.64	
5,231.94 (a)	150	60	160	2,313.98	*
4,449.82 (b)	00	00	160	800.00	

* Tratamientos dominados

(a) - Tratamiento de oportunidad de aplicación del nitrógeno

(b) - Tratamiento testigo

D.S. - Densidad de Siembra

Así tenemos que por medio de este método la dosis óptima económica para capital ilimitado fué el tratamiento 100-30-130 Kg. de nitrógeno, fósforo y semilla/Ha. y el tratamiento para la dosis óptima económica para capital limitado está determinado por el tratamiento 100-00-130 Kg. de nitrógeno, fósforo y semilla/Ha.. Como se observa en el cuadro No. 10.

6. La obtención de la dosis óptima económica de capital ilimitado y limitado por el método matemático usando la técnica de regresión progresiva modificada R.P.M. (Stepwise) se hizo de la siguiente manera :

Con la ecuación obtenida por medio de este método, se llegó a los siguientes valores :

Rendimiento = $3026 + 22.5 N - 0.10 N^2$. Con un coeficiente de determinación de; $R^2 = 0.513$, que significa que la variación de los rendimientos es explicada en un 51.3 % por la aplicación del nitrógeno.

Para la obtención de las fórmulas de fertiliza-

CUADRO No. 10 ANALISIS MARGINAL DE LOS TRATAMIENTOS
NO DOMINADOS

B. N.	N	Kg. / Ha. P ₂ O ₅	D. S.	C. V.	I.M. B.N.	I.M.C.V.	T.R.M.
8,678.28	100	30	130	1,625.34	1,009.27	222.30	4.5401
7,669.01	100	00	130	1,403.04	2,002.94	157.40	12.7251
5,666.07	50	30	130	1,245.64	1,216.15	445.64	2.7292
4,449.82	00	00	160	800.00			

I.M.B.N. - Incremento marginal en beneficio neto

I.M.C.V. - Incremento marginal en costos variables

T.R.M. - Tasa de retorno marginal al capital.

ción se obtiene con la siguiente derivada $CN/CY = 22.5 - -$
2 (0.10) N, ajustándola a los criterios de la tasa de retor
no al capital de 30 y 100 % para capital ilimitado y limita
do respectivamente descritos por el autor (8).

Las fórmulas de fertilización por medio de -
este método fueron las siguientes: 90-00-100 y 80-00-100 -
Kg. de nitrógeno, fósforo y semilla/Ha. para capital ilimi
tado y limitado respectivamente.

Como se observa en la ecuación sólo se encon
tró significancia de los factores en estudio a nitrógeno, por
lo que se utilizó en las fórmulas los niveles más bajos de los
factores que no fueron significativos.

V. CONCLUSIONES

Como todo trabajo de investigación se debe concluir sobre los resultados y experiencias obtenidas en el desarrollo de este.

1) Respuesta al Nitrógeno

En la hipótesis general del trabajo se planteó que la dosis de nitrógeno afectaba los rendimientos de grano en el cultivo del trigo. La respuesta a esto cuando el fósforo y la cantidad de semilla/Ha., se encuentran a su nivel intermedio inferior de los espacios de exploración usados en el trabajo, como se observa en la Fig. No. 1. La respuesta es favorable ya que se obtuvieron incrementos de 1148.24 Kg. de grano/Ha. al pasar de 50 a 100 Kg. de nitrógeno/Ha. y la respuesta es marcada cuando se aumenta en proporción esto con el fósforo y con dosis bajas de semilla/Ha.

2) Respuesta al Fósforo

Otro planteamiento en la hipótesis general del tra -

bajo, fué en el sentido de que el fósforo afectaba los rendimientos de grano en el cultivo del trigo. Esto fué notable al aumentar conjuntamente el nitrógeno no así en el aumento de semilla como se observa en la Fig. No. 1

3) Respuesta a la Densidad de Siembra

Se planteó en la hipótesis general del trabajo que la cantidad de semilla/Ha. afectaba los rendimientos de grano en el cultivo del trigo.

El comportamiento de la densidad de siembra fué la siguiente: Se encontró respuesta marcada como se observa en la Fig. No. 1, al pasar de 100 a 130 Kg. de semilla/Ha., con el aumento de cada uno de los factores por separado, encontrándose el mayor incremento en rendimiento a los 130 Kg./Ha.

4) La hipótesis específica planteada en este trabajo, fué que la respuesta del cultivo del trigo a la aplicación del nitrógeno, se afecta con la oportunidad de dicha aplicación al hacer el análisis de los resultados se concluye que la -

oportunidad de aplicación, si afecta la respuesta en la producción de grano, encontrándose significancia estadística - en la aplicación del nitrógeno fraccionado, -concluyendo que es mejor aplicar la mitad de este al momento de la siembra y el resto antes del primer riego.

5) Se recomienda reducir los espacios de exploración en trabajos posteriores en esta zona, del orden de 20 a 30 Kg./Ha. dependiendo el factor en estudio para así obtener resultados que se aproximen más a las dosis óptimas económicas.

6) Aumentar el número de experimentos y el número de repeticiones para así reducir el error experimental, de ser posible delimitar sistemas de producción y probar la respuesta a los factores en cada uno de éstos.

7) Probar en trabajos posteriores la adaptabilidad de genotipos.

8) Con respecto al uso de los diferentes métodos emplea-

dos en la obtención de dosis óptimas económicas, para el uso de los diferentes factores, se concluye que, cuando se tengan respuestas que no den lugar a duda al ser graficadas, la interpretación debe hacerse por medio del método gráfico modificado por Turrent, y cuando no se tenga un Centro de Cómputo.

Como el método propuesto por Perrin et al (13) trabaja en base a variables descritos (tratamientos), esto debe de usarse cuando se estudie una matriz de tratamientos de - interpretación gráfica y que los espacios de exploración en - tre niveles sean reducidos. Debe de usarse en matrices de - tratamientos que no permitan interpretación gráfica y en los casos en donde no existan facilidades de un Centro de Cómputo.

Se puede considerar que el método matemático debe de usarse cuando las respuestas observadas gráficamente presenten curvaturas positivas y negativas, que dificulten su interpretación gráfica de uno ó más factores, o bien cuando se cuente con un Centro de Cómputo.

VI. RESUMEN

El presente trabajo se realizó durante el ciclo de invierno 1976-1977 en el Campo Experimental de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara, dentro del Municipio de La Barca, Jalisco.

Es una zona temporalera de reciente incorporación al riego, los cultivos principales en temporal son el sorgo y maíz, de riego y humedad el trigo y garbanzo.

Las hipótesis que se plantearon para ser probadas fueron :

- 1) Los niveles de nitrógeno, fósforo y densidad de siembra limitan la producción de trigo en la zona de estudio
- 2) La respuesta del cultivo del trigo a la aplicación del nitrógeno, se afecta con la oportunidad de dicha aplicación.

Para probar las hipótesis se plantearon los siguiente

tes supuestos.

1) En los espacios de exploración estudiados, se encuentra la dosis óptima económica para nitrógeno, fósforo y densidad de semilla en el área seleccionada.

2) La fuente de fertilización, variedad usada, la preparación del terreno, la época de siembra, etc. son los adecuados para la región.

Los factores estudiados fueron: Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Siembra.

La matriz experimental fué: Plan Puebla I con dos tratamientos adicionales.

Los espacios de exploración fueron: Para nitrógeno de 50 a 200, de 0 a 90 para fósforo y de 100 a 190 para semilla, todos en Kg./Ha.

La oportunidad de aplicación del nitrógeno se valió con el tratamiento No. 15

La fuente de nitrógeno fué; Nitrato de amonio para fósforo, superfosfato de calcio triple, y la variedad usada fué Potam S-70

El diseño experimental fué bloques completos al azar. La unidad experimental fué de $9 M^2$

La fecha de siembra fué la empleada por el agricultor, esta se hizo al voleo y se tapo con un paso de rastra, previamente se realizó un muestreo de suelos a una profundidad de 20 cm. para su análisis. La fertilización se realizó fraccionando el nitrógeno el 50 % al momento de la siembra, el resto antes del primer riego de auxilio. El fósforo se aplicó en su totalidad al momento de la siembra. Lo anterior varió únicamente en el tratamiento que se probó la oportunidad de aplicación del nitrógeno, a este se le aplicó todo el fertilizante al momento de la siembra.

Los riegos se aplicaron como lo hacen los agricultores de la región, tomándose las observaciones correspondientes.

La cosecha se realizó cuando el trigo llegó a su -

completa madurez fisiológica. La parcela era de 9 M² se tomó como parcela útil 4 M². Previa a la cosecha se midió altura de plantas para estimar la respuesta de ésta a los fertilizantes, no encontrándose significancia estadística.

Los rendimientos obtenidos en Kg. de trigo por parcela se transformaron en Kg./Ha. ajustándolos al 12 % de humedad y se procedió a ajustarlos a nivel comercial, con estos se procedió a realizar los análisis de varianza para determinar la significancia entre tratamientos y repeticiones, encontrándose significancia estadística entre tratamientos, no así para repeticiones, esto a una probabilidad de cometer el error tipo I de 10 %.

En cuanto a la oportunidad de aplicación del nitrógeno se observó con la DMS al 10 % encontrándose significancia estadística a la aplicación del nitrógeno fraccionado.

Las DOECI y DOECL de nitrógeno, fósforo y densidad de siembra se estimaron de acuerdo al método gráfi-

co modificado por Turrent. El método propuesto por Perrin et al. y el método matemático, encontrándose más similitud en el método gráfico modificado por Turrent y el propuesto por Perrin et al. no así para el matemático.

Finalmente se presentaron en el trabajo algunas aproximaciones en el uso de estos factores, y las conclusiones a que se llegó en el presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- 1 ARVIZU, Z. y LAIRD, R. J. 1958
~~Fertilización del Trigo en el Valle del Yaqui Sonora~~
Folleto Téc. No. 26 Of. de Est. Especiales SAG.
- 2 COCHRAN, W. C. COX, 1974 G. M.
Diseños Experimentales. Editorial Trillas, México
- 3 COMISION NACIONAL DE IRRIGACION 1943
Dirección de Agrología. Estudio Agrológico del
Valle de La Barca, Jalisco
- 4 ESTRADA, L. A. P. 1977
El Agrosistema un método práctico y preciso para di-
señar tecnología de producción para el cultivo del --
maíz bajo condiciones de temporal en la parte Sur del
Estado de Tlaxcala. Tesis M.C. Colegio de Postgradua_
dos ENA. Chapingo, México
- 5 FERNANDEZ y LAIRD R. J. 1959
Clasificación de algunas prácticas de riego usadas en la
siembra de trigo en el Bajío y su relación con la res -
puesta al fertilizante
Folleto No. 36 OEE. - SAG. México

- 6 GARCIA, E. 1973
Modificación al sistema de Clasificación Climática de Köppen . UNAM . - Instituto de Geografía
-
- 7 GOBIERNO DEL ESTADO DE JALISCO 1973
Departamento de Economía Desarrollo Regional, Municipal, Región Centro-Subregión Ocotlán, Guadalajara, Jalisco
- 8 LAIRD, R. J. 1976
Análisis Económico de Experimentos, Copias de Clase Colegio de Postgraduados. Rama de Suelos. Escuela - Nacional de Agricultura, Chapingo, México. Mimeografiado
- 9 LITTLE, T. M. y JACKSON, F. 1976
Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura, Editorial Trillas, México
- 10 NUÑEZ, E. R. y AGUILAR Y. S. 1962
La Fertilización del Trigo en el Valle del Yaqui, Sonora Agricultura Técnica en México. INIA.
Folleto No. 12

- 11 OROZCO, R. V., QUIÑONES, H. y ALLENDE, R. 1977
Manual para la aplicación de las cartas edafológicas de-
DETENAL para fines de Ingeniería Civil, México
- 12 PERSONAL DE LABORATORIO DE SALINIDAD DE LOS -
E.U.A. 1974
Diagnóstico y rehabilitación de suelos salinos y sódicos
- 13 PERRIN, R.K., WINKELMANN, E.R. MOSCARDI Y AN-
DERSON, I. R. 1976
Formulación de Recomendaciones a partir de datos agro-
nómicos.
Un Manual Metodológico de Evaluación Económica. Centro
Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, México.
D. F.
- 14 PLAN LERMA ASISTENCIA TECNICA
Boletín Meteorológico No. 1
- 15 PUENTE, A., ALVARADO, A., MORENO, R. y ORTEGA,
E. 1964
Fertilización del Trigo en la Comarca Lagunera. Agricul-
tura Técnica en México. Folleto No. 3

- 16 PUENTE, F. y BORLAUG 1959
Acame del Trigo. Oficina de Estudios Especiales. Folleto Técnico No. 7 SAG.
- 17 PUENTE, F., SOBRAL DE GOES, E. y LAIRD, R.J. 1958
El tiempo de aplicación del nitrógeno afecta el rendimiento y calidad del trigo. Folleto No. 6 Oficina de Estudios Especiales. SAG. - México
- 18 SANCHEZ, D. N., AGUILAR, R. y LAIRD, R.J. 1959
Produzca más Trigo Fertilizando. Folleto Técnico No. 2-Agricultura Técnica en México. SAG.
- 19 TURRENT, F. A. y LAIRD, R. J. 1975
Matriz Plan Puebla. Escritos sobre Metodología de la Investigación en Productividad de Suelos. Agrociencia 19 - Colegio de Postgraduados ENA., Chapingo, México.
- 20 VILLALPANDO, I. J. F. 1975
Desarrollo de un método para obtener ecuaciones empíricas generalizadas del rendimiento en una región agrícola, para uso en diagnóstico. Tesis de Maestro en Ciencias. - Colegio de Postgraduados, Escuela Nacional de Agricultura, Chapingo, México.