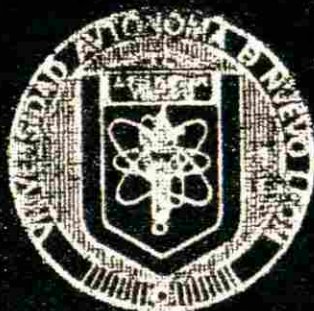


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON**

**FACULTAD DE AGRONOMIA  
SUBDIRECCION DE POSTGRADO**



**OPTIMIZACION DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA Y LA  
FERTILIZACION DEL TRIGO SEMBRADO EN SURCOS  
BAJO RIEGO. GENERAL TERAN, N. L. O-I 1990**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
ESPECIALISTA EN PRODUCCION AGRICOLA**

**PRESENTA:**

**ING. MIGUEL ANGEL IBARRA RODRIGUEZ**

045 633  
EAZ  
1991  
C. 5

**MARIN, NUEVO LEON**

**MARZO DE 1991**

TM

SB191

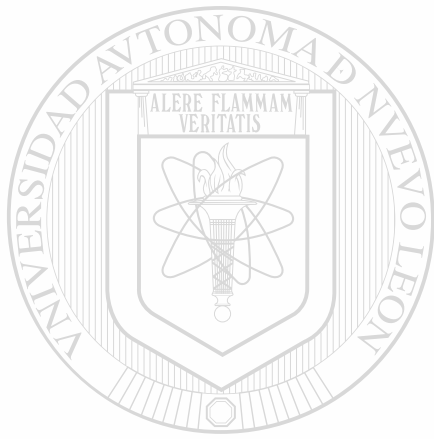
.W5

T23

C.1



1080061620



# UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

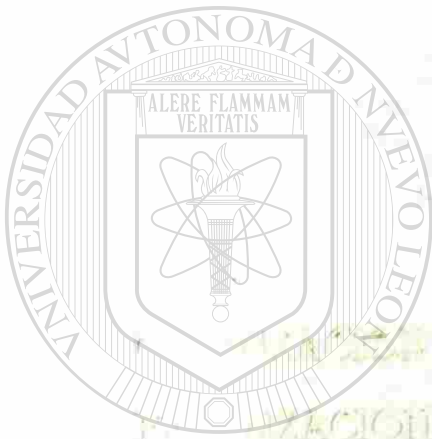


DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

# UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA

DIVISIÓN DE POSTGRADO



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN CIENCIAS  
ESPECIALISTA EN PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

PRESENTA

DR. MIGUEL ÁNGEL MARTÍNEZ RODRÍGUEZ

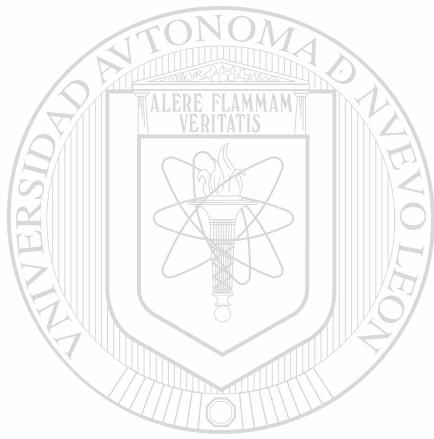
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

MARZO DE 1991

10572m



T  
SB191  
.W5  
I23



045.633

FA2

1991

C.5

UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad  
F. TESIS



UANL  
FONDO  
TESIS MAESTRÍA

OPTIMIZACION DE LA DENSIDAD DE SIEMBRA Y LA  
FERTILIZACION DEL TRIGO SEMBRADO EN SURCOS  
BAJO RIEGO. GENERAL TERAN, N.L. O-I 1990

Tesis Sometida al Comité particular como requisito parcial para optar el  
grado de

 MAESTRO EN CIENCIAS  
ESPECIALISTA EN PRODUCCION AGRICOLA

Revisada y aprobada por el Comité Particular

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

  
M. C. JAVIER GARCIA C.

CONSEJERO

  
Ph. D. CIRO G. S. VALDEZ L.

ASESOR

  
Ph. D. EMILIO OLIVARES S.

ASESOR

## AGRADECIMIENTOS

El autor desea expresar su agradecimiento a: M. C. Javier García C., Ph. D. Ciro G. S. Valdez L. y Ph. D. Emilio Olivares S. por la valiosa colaboración en el desarrollo del presente estudio y por su amistad brindada.

Al Ing. Enrique Elías Calles, por su confianza y apoyo en mi superación personal.

A las siguientes personas que participaron en la realización del presente estudio : Osvaldo Lozano S., Gilberto López A., Eliab Medellín, Noelia Tamez B., Ing. Carlos Salazar T., Msc. Guillermo García D., Ph. D. Luciano Vásquez P., M. C. Gerardo Longoria G., Ing. Antonio Durón A. e Ing. Francisco Dávila V.

A las siguientes Instituciones :

- INIFAP
- FAUANL
- DICAMEX, A.C.

A la Srita. Nancy Luz M. Rodríguez Muñoz por su valioso trabajo en la elaboración del escrito.

# DEDICATORIA

**A MIS PADRES :**

**OSCAR IBARRA DIAZ**

**IRENE RODRIGUEZ BERLANGA**

**HERMANOS :**

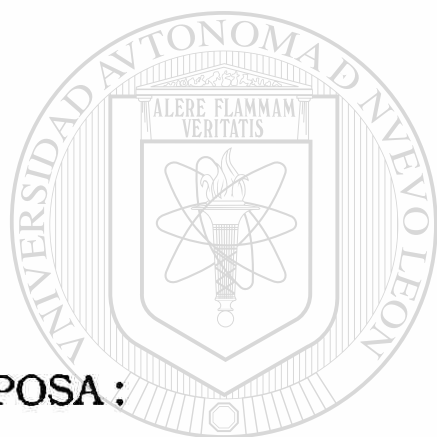
**JORGE LUIS**

**MA. DEL ROSARIO**

**OSCAR GERARDO**

**VICTOR HUGO**

**JOSE EDUARDO**



**ESPOSA :**

**NELDA**

**UANL**

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

**HIJOS :**

**MIGUEL OMAR**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**VALERIA MINEL**

**MARIEL**

**A todos con cariño y amor.**

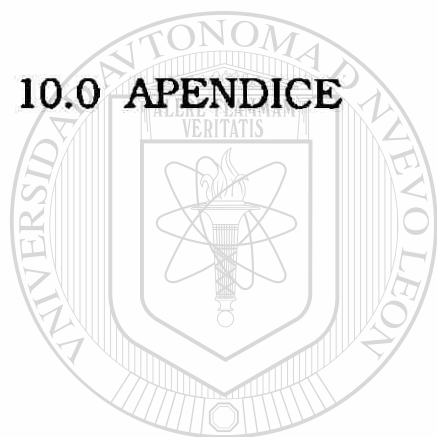
# CONTENIDO

	Página
INDICE DE CUADROS	I
INDICE DE FIGURAS	III
INDICE DE CUADROS EN EL APENDICE	IV
1.0 INTRODUCCION	1
2.0 REVISION DE LITERATURA	4
2.1 Estudios Sobre la Siembra en Surcos y la Densidad en Trigo.	4
2.2 Efecto de los Fertilizantes en el Rendimiento.	8
2.3 Factores que Afectan la Eficiencia de los Fertilizantes.	11
2.3.1. Nitrógeno	11
2.3.2. Fósforo	13
2.4 Componentes de Rendimiento en Trigo	15
2.5 Metodología para Determinación de DOE	16
2.6 Conclusiones de la Revisión Bibliográfica	18
3.0 OBJETIVO E HIPOTESIS	19



	Página
<b>4.0 MATERIALES Y METODOS</b>	<b>20</b>
<b>4.1 Características de la Región</b>	<b>20</b>
<b>4.2 Características del Sitio Experimental</b>	<b>20</b>
4.2.1 Antecedentes	20
4.2.2 Muestreo de suelos	21
4.2.3 Condiciones climáticas	21
<b>4.3 Factores Tecnológicos Controlados</b>	<b>22</b>
<b>4.4 Factores en Estudio y Diseño de Tratamientos</b>	<b>23</b>
<b>4.5 Diseño Experimental y Tamaño de Parcela</b>	<b>26</b>
<b>4.6 Observaciones de Campo</b>	<b>26</b>
<b>4.7 Análisis de la Información</b>	<b>29</b>
4.7.1 Análisis de varianza	29
4.7.2 Descomposición factorial	29
4.7.3 Análisis económico	31
4.7.4 Análisis de regresión	32
<b>5.0 RESULTADOS</b>	<b>34</b>
<b>5.1 Efecto de los Tratamientos Sobre el Rendimiento y Características Agronómicas del Trigo.</b>	<b>34</b>
<b>5.2 Descomposición de los Efectos Factoriales.</b>	<b>47</b>
<b>5.3. Determinación de la Dosis Óptima Económica.</b>	<b>50</b>
5.3.1 Método gráfico-estadístico.	50
5.3.2 Método de evaluación económica.	52

	<b>Página</b>
<b>6.0 DISCUSION</b>	<b>56</b>
<b>7.0 CONCLUSIONES</b>	<b>62</b>
<b>8.0 RESUMEN</b>	<b>64</b>
<b>9.0 LITERATURA CITADA</b>	<b>65</b>
<b>10.0 APENDICE</b>	<b>73</b>



**UANL**

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## INDICE DE CUADROS

<u>CUADRO #</u>	<u>Página</u>
1. Superficie cosechada, volumen de producción y rendimiento de cultivos básicos en México 1984. . . . .	1
2. Superficie cosechada y rendimiento de trigo en Nuevo León. 1977 a 1983. . . . .	2
3. Comparación de metodos de siembra de trigo de temporal en Nuevo León. . . . .	7
4. Concentrado de datos climáticos ocurridos durante el ciclo de crecimiento del trigo. 1989-90. . . . .	21
5. Fecha y labores realizadas en la conducción del experimento. . . . .	22
<hr/>	
6. Relación de tratamientos usados en el experimento de trigo. 1989-90. . . . .	24
7. Rendimiento de Grano en Kg/ha por tratamiento y repetición Gral. Terán, N. L. ciclo de invierno 1989-90. . . . .	35
8. Características Agronómicas promedio por tratamiento Gral. Terán, N. L. 1989-90. . . . .	36
9. Análisis de varianza para las variables estudiadas en trigo Gral. Terán, N. L. 1989-90 . . . . .	37

	Página
10. Comparación de medias de las variables agronómicas que resultaron con diferencia estadística en el análisis de varianza. Gral. Terán, N. L. 1989-90 . . . . .	39
11. Tabla de correlaciones entre las variables. Gral Terán, N. L. 1989-90 . . . . .	40
12. Aplicación del método de Yates a los datos del experimento de trigo . . . . .	47
13. Cálculo del beneficio neto (más costos fijos) asociado a los tratamientos explorados (en miles de pesos/hectárea) . .	51
14. Lista de tratamientos ordenados de mayor a menor beneficio neto, su análisis de dominancia y tasa de retorno (miles de pesos/hectárea) . . . . .	53

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN <sup>®</sup>  
DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

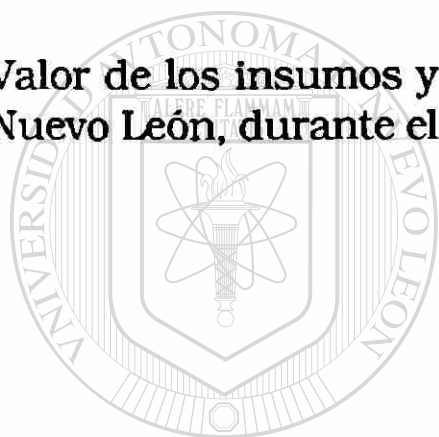
## INDICE DE FIGURAS

<u>FIGURA #</u>	Página
1. Matriz de tratamientos Plan Puebla I usada en el experimento de trigo 1989-90. . . . .	25
2. Croquis de distribución de tratamientos en el experimento.	28
3. Rendimiento de trigo en función de la interacción fósforo - densidad. Gral. Terán, N. L. 1989-90 . . . . .	42
4. Relación entre el número de tallos por planta y la densidad de siembra. Trigo, 1989-90. Gral. Terán, N. L. . . . .	45
5. Relación entre el número de espigas por metro lineal de surco y la densidad de siembra Trigo 1989-90. Gral Terán, N. L. . . . .	46
6. Rendimiento del trigo en función de los niveles de aplicación de densidad de siembra. Gral. Terán, N. L. 1989-90. . . .	49
7. Curva de beneficio neto máximo. Gral. Terán, N. L. 1989-90.	54



## INDICE DE CUADROS EN EL APENDICE

<u>CUADRO #</u>	Página
1. Resultados de análisis de suelo . . . . .	74
2. Análisis de varianza de la regresión del rendimiento de grano en relación a la interacción fósforo - densidad. Gral. Terán, N. L. 1989-90 . . . . .	76
3. Valor de los insumos y del producto en la zona centro de Nuevo León, durante el ciclo de trigo 1989-90. . . . .	77



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## **1.- INTRODUCCION**

El trigo, por su valor nutritivo, es uno de los principales cereales básicos en la alimentación humana. En México, en el año de 1984 ocupó el segundo lugar en cuanto a volumen de producción y el tercero después del maíz y frijol en superficie cosechada de cultivos básicos. (Cuadro 1).

**Cuadro 1. Superficie cosechada, volumen de producción y rendimiento de cultivos básicos en México. 1984**

<b>Cultivo</b>	<b>Superficie (Hectáreas)</b>	<b>Producción (Toneladas)</b>	<b>Rendimiento (Kg/Ha)</b>
Maiz	7'076,494	12'931,644	1,827
Frijol	1'725,057	973,563	564
Trigo	1'033,400	4'505,456	4,360
Arroz	125,896	484,014	3,844
<b>Total Nac.</b>	<b>9'960,847</b>	<b>18'894,767</b>	

Fuente: SARH/DGEA

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

En Nuevo León, el trigo se cosecha principalmente en tierras de riego, su rendimiento medio se encuentra por abajo del promedio nacional. En temporal, resultan variables tanto la superficie cosechada como el rendimiento que se obtiene con este cultivo (Cuadro 2).

Las principales áreas trigueras del estado de Nuevo León se localizan al norte en el municipio de Anáhuac y en la parte centro destacan los municipios de Gral. Terán, Cadereyta y los Ramones (SARH, N.L.).

**Cuadro 2. Superficie cosechada y rendimientos de trigo en Nuevo León. 1977 a 1983**

Ciclo	Superficie (Has)		Rendimiento (Kg/Ha)	
	Riego	Temporal	Riego	Temporal
1977 - 78	10,701	1,518	2,522	1,170
1978 - 79	15,581	4,542	2,810	951
1979 - 80	17,283	1,707	2,836	743
1980 - 81	17,428	14,491	2,302	1,554
1981 - 82	24,057	1,105	2,043	653
1982 - 83	16,518	19,571	-	-
<b>PROMEDIO</b>	<b>16,920</b>	<b>7,156</b>	<b>2,503</b>	<b>1,014</b>

Fuente: Programa Agrícola, SARH-N.L.

La Tecnología de producción empleada por los productores de trigo en Gral. Terán, N.L. es descrita por Ibarra y García (1985) de la forma siguiente:

- a) Variedades de hábito de primavera, de ciclo intermedio (140 días a cosecha).
- b) Época de siembra de fines del mes de noviembre y todo diciembre.
- c) Densidad de siembra de 100 a 180 Kg por hectárea de semilla.
- d) Método de siembra al voleo y tapado con rastra de discos o en hileras angostas (17 cm) cuando se dispone de sembradoras para cereales de grano pequeño.
- e) El uso de fertilizante no está generalizado entre los productores, la fórmula recomendada por SARH para trigo de riego es 120-46-00.
- f) Uso de insecticidas y herbicidas poco frecuente.
- g) Cosecha mecánica con trilladora combinada.
- h) Rotación de cultivos en secuencia con sorgo de grano y maíz.

La Tecnología tradicional descrita, se basa fundamentalmente en incorporar la semilla al suelo, tratando de cubrir todo el espacio con una gran cantidad de plantas, ésta situación lleva implícito el riesgo del acáme al final del ciclo y dada su interacción positiva con el resto de los insumos agrícolas (fertilizante, agua, etc.) también deteriora la ganancia al aumentar los costos drásticamente.

Con repetida insistencia, el agricultor, ha declarado que la rentabilidad económica de los cultivos se ha deteriorado en los últimos años debido al incremento de los costos de producción. En el caso del trigo ha sido notorio el aumento, de los principales insumos como son la semilla y el fertilizante; tan solo en el año anterior (1989) estos insumos elevaron su costo en 45 y 70% respectivamente, mientras que el precio de venta de la tonelada de grano de trigo se mejoró solo en 27%.

Bajo este nuevo contexto en la relación costo de producción - valor de la producción, el productor de trigo necesita hacer un uso más eficiente de los insumos para lograr mantenerse en el negocio agrícola.

En este sentido y en contraste con la metodología tradicional, recientemente se ha difundido la tecnología de sembrar el trigo en surcos, la cual usa la habilidad del cultivo para cubrir espacios a través de la formación de hijuelos. Este hecho permite ampliar la distancia entre plantas y surcos, lo que hace posible el ingreso de las máquinas y el hombre sin causar daño a las plantas, lo anterior se traduce en ventajas agronómicas como la reducción de riesgo de acáme, un mejor manejo del agua y ventajas económicas como el ahorro en semilla y fertilizante.

Considerando la situación económica que presenta actualmente la producción del trigo en Nuevo León es necesario disponer de alternativas tecnológicas que permitan maximizar el uso eficiente de los insumos, así la presente investigación pretende establecer si se puede abaratar el costo de producción del cultivo de trigo o mejorar su nivel productivo económico, mediante la estrategia de la siembra de trigo en surcos cultivables a doble hilera para reducir los insumos semilla y fertilizantes.

## **2.- REVISION DE LITERATURA**

Los trabajos realizados en la investigación agrícola bajo el concepto de la siembra del trigo en surcos se inician en México a partir de 1974 y provienen en su mayoría del Noroeste, su impacto ha sido tal que el agricultor de esa región ya ha adoptado ésta práctica en su sistema de producción. Las experiencias en Nuevo León son menores y aún más si se considera su interacción con la fertilización; no obstante existe una gran cantidad de información acerca del uso y aplicación de fertilizantes en trigo, sobre el comportamiento de los componentes que determinan el rendimiento, esto, además de estudios sobre metodologías para dar recomendaciones de dosis óptimas de insumos, por lo que tal información permite apoyar la presente investigación.

Las siguientes referencias son ejemplo de los trabajos antes mencionados:

### **2.1. Estudios sobre la Siembra en Surcos y la Densidad en Trigo.**

Hasta antes de 1950, los avances en el mejoramiento a los sistemas de producción con trigo descansan básicamente en la modificación del subsistema planta, para adaptarlo a las condiciones ecológicas y problemática del cultivo. Moreno (1987), describe como fue el proceso de investigación en relación a la siembra del trigo en surcos: "En la década de los 50's Laird R. J. inicia los estudios tendientes a modificar el arreglo topológico, el procedimiento fué simplista, solamente tapaba salidas de la sembradora convencional tipo Von Brawn, es decir mantenía constante la población por hilera y aumentaba la distancia entre estas. Este tipo de experiencias se continúan en 1969 y no es sino hasta 1974 cuando se usa por vez primera el concepto de trigo en surcos".

En el Noroeste de México, la respuesta del trigo a la densidad de población ha sido ampliamente estudiada. Vela (1968), citado por Aguilar (1972), al estudiar la densidad de población y distancia entre hileras en diferentes genotipos de trigo, indicó que las variedades doble enanas rindieron adecuadamente en



todas las poblaciones y distancias, mientras que las triple enanas rindieron menos a partir de 45 cm entre hileras. Resultados parecidos a los de Fisher et al (1972-74), donde el trigo fue indiferente al cambio en la densidad de siembra entre los 40 y 250 Kg/ha y la distancia entre hileras de 15 a 45 cm.

Mendoza (1979), señala que la densidad de siembra promedio en el sur de Sonora era de 160 Kg/ha de semilla, mientras que la recomendación de CIANO era de 100 a 120 Kg/ha, y atribuye esta desviación a que el agricultor tiende a sobreprotegerse, esto llevó a cantidades muy altas de semilla, hasta extremos de 300 Kg/ha que se observaron en Mexicali B.C. Esta alta densidad, según el mismo autor, parece obedecer a altas infestaciones de maleza, condiciones salinas, problemas con humedad en la siembra, baja emergencia inherente al método de siembra y poca confianza en la viabilidad de la semilla. Concluye que en efecto, algo de protección contra los riesgos de pérdidas ocasionadas por estos factores puede lograrse aumentando la densidad de siembra, sin embargo la pérdida podría ser mayor si ocurre un acáme por alta población en etapas avanzadas; además, el costo de la semilla adicional iguala o supera al correspondiente al control de maleza, ya sea mecánico o químico.

En el ciclo de siembra 1974 - 75, Moreno determinó que 70 Kg/ha de semilla sembrada en surcos separados a 75 cm igualaron el rendimiento logrado con 140 Kg/ha con el método al voleo. Posteriormente este mismo autor en 1979, trató de maximizar la producción de trigo para la metodología de siembra en surcos y sus resultados indicaron que el rendimiento de trigo no se modificó cuando la densidad de siembra varió entre 40 y 120 Kg/ha, resultado parecido al correspondiente a la siembra convencional.

Durón (1980), obtuvo un 10% menos de rendimiento al usar 60 Kg/ha de semilla en comparación al tratamiento con 140 Kg/ha, al sembrar el trigo en surcos. Quihuis (1981), en la región de Caborca Sonora, reporta rendimientos de 6 Ton/ha cuando sembró el trigo en surcos a doble hilera con una densidad de 90 Kg/ha de semilla.

También en Sonora, Salazar et al. (1981) compararon cinco genotipos bajo dos métodos de siembra: melga y surco a 60 cm con

una hilera y 65 Kg/ha de semilla, encontrando que en los genotipos de porte alto el rendimiento del trigo en surcos era similar o mayor al de melgas, sin embargo las variedades enanas no parecen tener plasticidad para adaptarse a la siembra en surcos, a no ser que se reduzca la distancia entre estos, por ejemplo a 80 cm con dos hileras, lo que coincide con lo encontrado por Vela (1968), citado por Aguilar (1972). En otro trabajo conducido por el mismo autor durante 1980-81, se estudió la interacción genotipo por método por fecha de siembra, evaluando 40 genotipos: 13 harineros de tipo precoz, 10 intermedios y 11 tardíos, 2 duros, 2 triticales y 2 cebadas en tres fechas de siembra y bajo los métodos de siembra tradicional y en surcos, se observó que el comportamiento de los genotipos fue muy parecido y en promedio el rendimiento resultó de 4,552 y 4,614 Kg/ha para los métodos de melga y surco respectivamente. Resultados semejantes logró González (1984) en Mexicali, al probar densidades entre 30 y 75 Kg/ha de semilla, en surcos a doble hilera separados a 70, 80 y 90 cm, tanto en cebada como en trigo. Estos resultados indican la posibilidad de estudiar niveles aún más bajos en la densidad de siembra. Esto podría sustentarse en la consideración de Moreno (1982), quien señala que la planta de trigo posee una extraordinaria capacidad para amacollar y que es capaz de producir, si las condiciones ambientales le son favorables, hasta 140 tallos con espiga.

Como resumen de los trabajos sobre método y densidad de población, la recomendación de CIANO para el método de siembra en surcos es de 35 a 40 Kg de semilla por hectárea para surcos angostos de una hilera separada de 60 a 65 cm y de 50 a 60 Kg de semilla para surcos anchos de 80 a 90 cm con doble hilera de plantas separadas a 20 cm, Martínez et al. (1983).

En el proceso de adopción-adaptación llevado a cabo por el productor agrícola de Sonora, han surgido una serie de modificaciones impuestas por las necesidades de los sistemas de producción, así nació la variante más común actualmente, que es la de surcos a 80 cm con doble hilera a 20 cm, que dá la posibilidad de compartir la maquinaria con el cultivo de soya, para practicar la rotación trigo-soya, Moreno (1987).

En Marín, N.L., Alcántara (1981) evaluó cuatro densidades de siembra 120, 140, 160 y 180 Kg/ha de semilla de trigo en surcos a 92 cm, con la variedad Pavón F-76, de acuerdo con sus resultados concluye que no hubo diferencia en el rendimiento al variar la cantidad de semilla, en cambio resultó significativa la diferencia para las variables altura de planta, número de granos por espiga y longitud de espiga.

Luna et al. (1989), mencionan que el INIFAP estableció en la zona centro de Nuevo León durante el período de 1985 a 1989 una serie de parcelas con productores, comparando en temporal el trigo sembrado al voleo en forma tradicional con el método de surcos a doble hilera con 65 Kg/ha de semilla. Los resultados de estas parcelas se muestran en el Cuadro 3 y concluyen que en los inviernos secos, condición común en la región, el rendimiento del trigo en surcos es igual o superior al tradicional y en los inviernos húmedos el trigo en surcos puede producir un 10% menos que el de voleo.

**Cuadro 3. Comparación de Metodos de Siembra de Trigo de Temporal en Nuevo León.**

Ciclo	Rendimiento (Kg/Ha)		Condiciones de Lluvia
	VOLEO Riego	SURCOS Temporal	
85 - 86	696	730	Seco
86 - 87	3,084	2,655	Húmedo
87 - 88	2,200	2,200	Normal
87 - 88	1,200	2,150	Seco
88 - 89	800	1,000	Seco
PROMEDIO	1,596	1,747	

Adáme (1986), en trigo de riego sembrado en Gral. Terán, N. L. comparó diferentes métodos de siembra y densidades de población, no encontrando diferencias significativas entre métodos, pero sí entre las densidades, detectando una diferencia en el rendimiento

de 200 Kg/ha en favor de los tratamientos con 125, 100 y 75 Kg/ha de semilla en comparación al tratamiento con 50 Kg/ha de semilla el cual rindió 3.4 Ton/ha. El mismo autor señala que la siembra de este experimento se realizó el 10 de diciembre, y la falta de frío suficiente pudo influir para que la planta no expresara un mayor amacollamiento.

## 2.2. Efecto de los Fertilizantes en el Rendimiento del Trigo.

Hobbs (1953) en el estado de Kansas, observó durante los años 1946-51 el efecto de las aplicaciones de nitrógeno realizadas en la primavera sobre los rendimientos de trigo de invierno, y encontró que los rendimientos medios aumentaron de 1.74 a 2.08 Ton/ha, con una aplicación en primavera de 41 Kg de nitrógeno por hectárea, en las parcelas fertilizadas con fósforo y potasio al momento de la siembra.

Eck y Stewart (1954), en un estudio de fertilización realizado en el oeste de Oklahoma, obtuvieron aumentos en los rendimientos de grano con las aplicaciones de nitrógeno hasta la dosis de 90 Kg/ha. En siete de los ocho experimentos establecidos, la dosis más económica fue de 45 Kg de N por hectárea, lo que originó un aumento medio en el rendimiento de grano de 0.67 Ton/ha.

La fertilización del trigo ha sido estudiada desde 1955 en CIANO, en 1958 Arvizu y Laird publican las primeras recomendaciones, en base a los años de uso del terreno y el cultivo anterior, ellos encontraron que en el área conocida con el nombre de Valle Viejo la mejor fertilización nitrogenada correspondió a 60 Kg/ha cuando el cultivo anterior fue trigo y de 100 Kg/ha después de algodón. En cambio, en la zona conocida como Valle Nuevo, el cultivo de trigo después de trigo o algodón no requería fertilización. En ninguna de las zonas estudiadas se presentó respuesta a los fertilizantes fosfóricos o potásicos.

Laird et al. (1959), en un estudio llevado a cabo en Guanajuato, durante el período 1953-58, para determinar el efecto de quemar o sacar los rastrojos de maíz y de incorporarlos



al suelo, encontraron que los rendimientos de trigo fueron de 10 a 20% más altos después de quemar o sacar el rastrojo, que después de incorporarlo al suelo. Así mismo señalan que la respuesta a los fertilizantes en las parcelas donde se incorporó el rastrojo fue equivalente a un 80% de la lograda después de quemar o sacar el rastrojo.

Kreizmger y Tucker (1962), trabajando en suelos de tipo migajón limoso del estado de Arizona, encontraron ausencia de respuesta del trigo a la fertilización con N P K en un sitio en el cual se habían incorporado abonos verdes de los ciclos anteriores. En contraste con esto, en otra localidad sujeta a la rotación sorgo-trigo, se obtuvieron marcadas respuestas a nitrógeno, pues se lograron incrementos de 73 a 94% sobre el rendimiento del testigo con 50 y 100 Kg de N/ha, respectivamente. Asimismo, al aplicarse fósforo se lograron incrementos de 32% con 50 Kg de  $P_2O_5$ /ha, pero al aumentar la fertilización a 100 Kg de  $P_2O_5$ /ha, los rendimientos se abatieron.

Amaya (1965), estableció 16 lotes experimentales entre 1961 a 1964 en la Comarca Lagunera y encontró que solo en la zona de influencia aluvial no encontró respuesta a la aplicación de fertilizantes, debido a la alta fertilidad de esos suelos.

Torres y Ortega (1969), en el Valle del Mayo, establecieron 22 experimentos para determinar la respuesta del trigo a las aplicaciones de los fertilizantes con N P K, encontrando que las aplicaciones de nitrógeno favorecieron en un mayor grado la producción de paja que la de grano, el fósforo no tuvo influencia significativa sobre la producción de paja. En un 70% de los sitios explorados, la aplicación de nitrógeno mostró un incremento significativo en el rendimiento de grano, determinándose la dosis óptima económica de 80 kg de N/ha para la rotación trigo-trigo y de 125 kg de N/ha para la rotación sorgo-trigo. En lo referente a fósforo y potasio no se encontró respuesta significativa para rendimiento de grano; además señalan que en la mayoría de los experimentos (18) las aplicaciones de fertilizante nitrogenado produjeron decrementos, con significancia estadística en el peso hectolítico del grano.



Escareño (1971), estudió el efecto de la aplicación de fertilizante nitrogenado y fosfórico para el cultivo de trigo en Gral. Terán, N. L., el mejor rendimiento (1,624) resultó con la combinación 100-75-00 y el más bajo fue el testigo (0-0-0) con 1,269 Kg/ha, diferencia no significativa en su análisis estadístico, sin embargo al evaluar la paja del trigo los tratamientos con los niveles altos de N (100 y 150 Kg/ha) produjeron un 50% más de materia seca (tallos y hojas) que el tratamiento no fertilizado.

En Anáhuac, N. L., después de varios años de trabajo experimental en lotes de productores, Martínez et al. (1980) publican que el criterio sugerido para fertilizar el trigo es 120-70-00 para los terrenos que se encuentran a más de un kilómetro de la vega del río Salado y 87-46-00 para los contiguos a éste.

Alcántara (1981), en una fecha tardía (29 de dic.), sembrando el trigo en seco en el lomo del surco, distribuyó la mitad de cuatro niveles de fertilizante nitrogenado (0, 60, 120 y 180 kg/ha) en el fondo del surco y posteriormente aplicó el riego de nacencia; 60 días después de la emergencia y 10 días después de la segunda aplicación de fertilizante observó una marcada clorosis en las parcelas sin fertilizar, pero señaló que la intensidad de esta era en el sentido de la primera a la cuarta repetición, que aunque no lo señala en su informe, esto pudo coincidir con el sentido del riego y provocar acarreo de fertilizante por el agua. Al analizar los datos de cosecha de grano no encontró diferencia entre tratamientos.

Oria (1975), en Hualahuises, N. L. y Saucedo (1985), en Cadereyta, N. L. coincidieron en encontrar al tratamiento 50-50-00 como dosis óptima para fertilizar el trigo en terrenos cuyo análisis de suelo los reportó pobres en contenido de nitrógeno y fósforo.

En General Bravo, N. L., Hinojosa (1981) probó 15 combinaciones de N, P y DP en trigo de riego, encontrando que el rendimiento más alto (3,880 Kg/ha) se logró con el tratamiento 60-00-120 Kg/ha y el más bajo (3,083 Kg/ha) resultó ser el testigo con niveles de 0-0-120; diferencia que en el análisis estadístico no fue significativa.

Monsiváis (1989), en Marín, N. L., no encontró respuesta a la aplicación de fertilizante nitrogenado y fosfórico, con niveles hasta de 150 y 90 Kg/ha respectivamente; su fuente de fertilizante fue urea para el nitrógeno y super fosfato triple para fósforo.

De acuerdo a la revisión bibliográfica, resulta evidente, a diferencia de otras regiones del país, la inconsistencia de los resultados en los trabajos de investigación sobre fertilización para trigo en la zona centro de Nuevo León; en el siguiente apartado, se analizan los factores que pueden ejercer influencia en el uso eficiente de los fertilizantes.

## **2.3. Factores que Afectan la Eficiencia de los Fertilizantes.**

### **2.3.1. Nitrógeno**

Castro (1978), concluye que es muy variable la eficiencia relativa de los fertilizantes nitrogenados aplicados en diversas dosis, en diversos cultivos y en diversas condiciones ambientales y que los resultados varían dependiendo de las condiciones de cada estudio.

Sánchez (1989), señala que la fertilización nitrogenada, en algunos casos, no ha logrado elevar la producción, debido a que la cantidad de nitrógeno absorbido por los cultivos ha sido inferior al 50% del total aplicado, y atribuye esta baja eficiencia al carácter altamente dinámico del nitrógeno en el suelo, ya que sus formas químicas aprovechables para las plantas cambian con una mayor o menor rapidez en función de las condiciones de manejo, edáficas y climáticas.

Las pérdidas de nitrógeno asimilable del suelo incluye los procesos siguientes, de acuerdo con varios autores citados por Mendoza (1989):

- a) Absorción por las plantas: Un trigo de 5 Ton/ha consume del suelo 120 Kg de nitrógeno y 63 Kg de fósforo.
- b) Erosión: Normalmente el horizonte superficial del suelo susceptible a erosionarse es el más rico en nitrógeno.

- c) **Lixiviación:** los  $\text{NO}_3^-$  son muy solubles y se pueden lavar por percolación con agua. Esta pérdida será mayor en suelos arenosos y con fuertes aplicaciones de agua.
- d) **Inmovilización:** pérdida temporal del nitrógeno por fijación de  $\text{NH}_4^-$  en las partículas del suelo o por microorganismos.
- e) **Volatilización:** pérdida de nitrógeno en forma de gas.

Como se señaló anteriormente las condiciones de manejo edáficas y climáticas tienen marcada influencia en la eficiente utilización de los fertilizantes así Thinker (1980) citado por Zamudio (1984) indica, respecto a clima, que las transformaciones bioquímicas de las diversas formas nitrogenadas que se encuentran en el suelo son influenciadas por los componentes temperatura y humedad. Cuando se prestan condiciones de exceso de lluvia o riego, baja evapotranspiración y reducida absorción nutricional, las pérdidas por lixiviación son muy altas. El caso contrario de años secos se traduce en acumulaciones de nitrógeno en el suelo, ya que los altos déficits de humedad producen cosechas pobres y por ende baja asimilación de nitrógeno. En este último caso, la presencia de lluvias posteriores causaran altas concentraciones de nitrógeno en el agua de drenaje.

Respecto a características edáficas que modifican la respuesta de las plantas a la aplicación de nitrógeno se reporta al pH, contenido de materia orgánica y textura de suelo entre otras. Así Echegaray (1962), llevó a cabo un estudio con el fin de determinar algunas propiedades fisico-químicas de tres suelos del Edo. de México y uno de Sonora, con relación al movimiento y nitrificación de tres fertilizantes nitrogenados en condiciones de columnas de suelo en laboratorio. Observó que el catión amonio se mantuvo absorbido en las capas superficiales en contraste a la mayor profundización de los nitratos; determinándose que la urea ocupó un valor intermedio de traslado vertical. En cuanto a la velocidad de nitrificación indicó que la producción de nitratos de las fuentes nitrogenadas después de 14 y 28 días de incubación fue reducida para los cuatro suelos estudiados, detectando para el suelo de Sonora, acumulación superficial de nitritos (causa de toxicidad a las plantas).

Por último el autor destacó que aplicaciones superficiales de urea en suelos de pH alcalinos como sucede en Sonora, provocaron pérdidas por volatilización de un 30% en amoníaco.

En cuanto a la influencia de factores de manejo sobre el nitrógeno, Sánchez (1989), trabajando en condiciones de laboratorio e invernadero, estudió la dinámica del nitrógeno fertilizante proveniente de la urea y sulfato de amonio en suelos calcáreos de Nuevo León señala que el rendimiento de materia seca del cultivo de sorgo, puede incrementarse mediante la aplicación de nitrógeno en dosis bajas (75 ppm de N) en forma de sulfato de amonio y que el uso de la urea, será en la medida en que se implementen prácticas agrícolas para reducir la velocidad con que se hidroliza. Al respecto Monreal et al (1986); Savant et al. (1987) citados por el mismo autor, indican que la tasa de urea hidrolizada se reduce cuando se aplica en bandas en contraste a la urea que se mezcló con el suelo.

Por otra parte, Laloux et al. (1980), al referirse a la nutrición y abonado del trigo señala que debido al carácter dinámico del nitrógeno, este no está disponible en cantidad suficiente para poder ser asimilado por la planta y por ello se debe aportar al suelo en el momento oportuno y a la dosis óptima. Una aplicación excesiva de nitrógeno en épocas tempranas dá un exceso de espigas que se mantienen pequeñas y son estériles. El abonado tardío por su parte puede reducir la fertilidad de las espigas.

### 2.3.2. Fósforo.

El fósforo en particular, pero también el potasio, son absorbidos fuertemente en la fracción coloidal del suelo, por ello es importante aportar al suelo cantidades suficientes de estos nutrientes, Laloux et al (1980).

En muchos estudios hechos sobre la eficiencia de la absorción de fósforo proveniente de los fertilizantes, se ha demostrado que las plantas absorben solamente del 10 al 30% del fósforo suministrado, Ortiz (1977). Lo anterior, debido a la escasa movilidad del fósforo en el suelo.



Entre los factores que afectan la aprovechabilidad del fósforo, Enriquez (1975) cita que en los suelos calcáreos de la Laguna, la cantidad de fósforo asimilable por las plantas está en relación directa con el contenido de  $\text{CaCO}_3$  y con la proporción de arcilla en su textura, a mayores contenidos de estos en el suelo se disminuye la eficacia de los fosfatos aplicados.

Mendoza (1989) señala algunos elementos que influyen en la absorción del fósforo: el  $\text{Mg}^{+2}$  y el  $\text{NH}_4^+$  aceleran la absorción del fósforo, por otra parte los iones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{=}$  y  $\text{NO}_3^-$ , aplicados en la proximidad de los fosfatos, inhiben la absorción del fósforo. Este mismo autor menciona otros factores que influyen en la disponibilidad del fósforo:

- a) La falta de aireación del suelo disminuye la disponibilidad del fósforo.
- b) La humedad de suelo a capacidad de campo permite que del 50 al 80% del fósforo hidrosoluble se pueda mover del granulo de fertilizante en 24 hrs.
- c) La temperatura influye en la disponibilidad del fósforo, temperaturas bajas retardan el desarrollo de las raíces.

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

De acuerdo con Tisdale y Nelson (1970) la disponibilidad de los fosfatos agregados puede ser considerablemente extendida colocándolos en una franja en el suelo.

## 2.4. Componentes del Rendimiento en Trigo.

El rendimiento de grano en los cereales de grano pequeño está determinado principalmente por tres componentes: número de espigas por unidad de superficie, número de granos por espiga y peso del grano. Sin embargo, el mejoramiento genético de cualquiera de estos tres componentes aisladamente no necesariamente incrementa el rendimiento debido a las relaciones entre ellos durante la secuencia de su desarrollo, que generalmente resulta en la compensación de componentes u oscilación compensatoria, Adams y Grafius (1971).

Aumentar el rendimiento de grano con base en sus componentes del rendimiento es una tarea difícil. Existe todo un cuerpo de teoría en relación con la compensación de los componentes del rendimiento, Grafius et al. (1976). En síntesis dicha teoría establece que para aumentar el rendimiento de grano, uno o más de sus componentes tienen que ser incrementados; cuando solamente uno de los componentes es variado, sin variar el rendimiento de grano como tal, entonces una compensación tiene que ocurrir en al menos uno de los otros componentes del rendimiento.

Adams (1967) señala que al incrementar el número de espigas por  $m^2$ , podría encontrarse ya sea una reducción en el número de granos por espiga, en el peso de grano o en ambos, lo contrario sucedería si el número de espigas por  $m^2$  es menor. Esto se debe a que el rendimiento de grano está dado por una integración de componentes que son interdependientes en su desarrollo secuencial.

Sebillotte (1980), sugiere que la producción puede ser considerada el resultado de dos diferentes y sucesivas fases en el ciclo de crecimiento del trigo: una que determina el número de granos y otra el peso del grano. El peso del grano depende en amplia medida de la duración de la síntesis del almidón, del agua del suelo y de la temperatura. El peso del grano viene determinado más bien por la competencia entre los tallos que llevan espigas que por el número de granos por espiga. El número de granos por unidad de superficie está estrechamente interrelacionado con la cantidad de aparato vegetal, es decir, el peso seco de la planta sin granos.

La cantidad de área foliar es un buen índice respecto al número de granos y señala que los principales factores que determinan el número de granos son las proporciones de nitrógeno y agua disponibles, la temperatura y la densidad de siembra.

Ibarra (1985) y Adame (1986) observaron un comportamiento diferencial en las características agronómicas del trigo sembrado bajo diferentes métodos y densidades de siembra, observando que en bajas densidades de siembra se incrementó el número de tallos por planta de 3 a 4, la longitud de espiga de 7.4 cm a 8.0 cm y el peso de 100 semillas de 3.4 grs a 3.7 grs, todo esto en comparación a la siembra tradicional con 125 kg/ha de semilla, la cual sin embargo debido a su densidad de siembra mas alta alcanzó mayor número de espigas (399) por unidad de superficie que la siembra en surcos (346).

## 2.5. Metodología Para Determinación de Dosis Optima.

Una de las principales funciones de los especialistas, en productividad agrícola, es la de generar recomendaciones de prácticas mejoradas de producción, mediante el estudio integrado de los factores de la producción, buscando siempre que éstas recomendaciones sean adecuadas a los ambientes donde van a ser aplicadas, D'Amico (1972).

Evidencia experimental reciente, Turrent (1978), señala la necesidad del estudio multifactorial integrado de los factores controlables de la producción, cuando el objetivo del investigador es el de la optimización tecnológica. Entre las razones de la necesidad de este enfoque metodológico están: (1) la inaditividad característica de los factores de la producción, y (2) la imposibilidad de seleccionar apriori una estrategia óptima de producción para ser refinada disciplinariamente.

Originalmente, en las investigaciones multifactoriales se estudiaba un factor cada vez, manteniéndose constantes los restantes. De este modo no era posible apreciar la variación del comportamiento de un factor en presencia de los diferentes niveles de los otros factores, es decir, la interacción.

Esta dificultad fue salvada con la introducción, por Yates (1935), de los experimentos factoriales, que permiten examinar la interacción. Los experimentos factoriales, propuestos por Yates, consisten de todas las combinaciones de los niveles de los factores, por lo que se les denomina factoriales completos. Cuando el número de factores y niveles es grande los tratamientos se hacen numerosos, lo que da lugar a la formación de bloques muy grandes, con la consiguiente reducción de la precisión y aumento en el costo del experimento. Esta situación dió lugar a la formación de diseños factoriales incompletos.

En 1975, Turrent y Laird, propusieron la Matriz Experimental Plan Puebla para diseñar recomendaciones óptimas en la producción de cultivos. El desarrollo de la matriz se basa en la idea del aprovechamiento del conocimiento agronómico de la dirección del aumento de la respuesta y está estrechamente vinculado con el espacio de exploración, además permite una adecuada representación gráfica, característica que permite realizar recomendaciones óptimas económicas oportunas con una razonable precisión, en lugares donde no se cuenta con facilidad de cómputo electrónico.

Estos mismos autores, propusieron tres variantes de la Matriz Plan Puebla, que se diferencian en los niveles seleccionados una vez que se ha definido el espacio de exploración. La matriz Plan Puebla I tiene cuatro niveles igualmente espaciados por factor y en total  $2^k + 2k$  combinaciones o tratamientos, donde  $k$  es el número de factores. Si  $k$  fuera igual a tres factores el número de tratamientos sería  $2^3 + 2(3) = 8+6=14$ .

Inicialmente los autores (Turrent y Laird), propusieron la matriz Plan Puebla I, por la ventaja de su interpretación gráfica, sin embargo la experiencia en su uso, demostró que era necesario hacer algunas modificaciones al procedimiento original de interpretación, es por esto que Turrent (1978), propone el método gráfico-estadístico para la interpretación económica de experimentos conducidos con la matriz Plan Puebla I.

En este método se combina la técnica de Yates (descrita por Cochran y Cox, 1950) y el método gráfico original, analiza los efectos factoriales, determinando si existe significancia para los mismos y así pasa luego al método gráfico que determina la DOE.



Por su parte, Perrin et al. (1976), proponen un procedimiento de evaluación económica para derivar, a partir de datos experimentales, recomendaciones que sean consistentes con las metas del agricultor.

Aveldaño y Volke (1980), compararon cuatro métodos para estimar dosis óptimas económicas de fertilizantes y densidad de población: (a) evaluación económica de Perrin (b) método de Perrin modificado por Laird (c) gráfico modificado por Turrent (d) Stepwise de Martínez Garza. Concluyendo que si existen diferencias en la estimación de los óptimos económicos, utilizando uno u otro método. El método gráfico modificado por Turrent aumenta la precisión de la estimación de la DOE y es el que más se aproxima al procedimiento utilizado como comparador. El método de Perrin, resulta útil cuando la interpretación del experimento no se puede hacer de una manera gráfica, además y dado que trabaja con variables discretas, es útil cuando el espacio de exploración es reducido y la matriz experimental usada es eficiente respecto al sesgo. Finalmente concluye que la selección de alguno de los métodos para la estimación de la DOE dependerá de las condiciones en que se encuentre el investigador y de los experimentos mismos.

---

## 2.6. Conclusiones de la Revisión Bibliográfica.

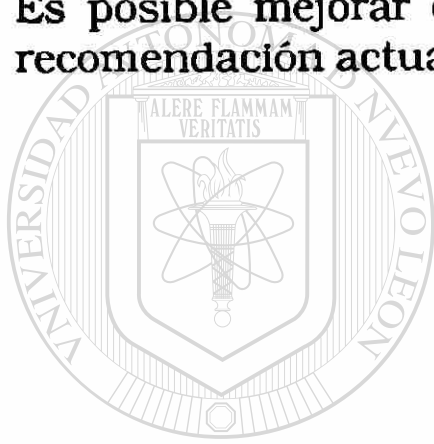
- a) Se ha demostrado la eficiencia tecnológica del método de siembra de trigo en surcos, respecto al de voleo cuando se usan variedades de porte alto. Es posible explorar niveles más bajos a los 30 Kg/ha en densidad de siembra en el Noreste de México.
- b) La respuesta a la aplicación de fertilizante nitrogenado y fosfórico en la región de estudio, no ha sido consistente. Es necesario determinar las causas de tal inconsistencia para posteriormente implementar prácticas que permitan mejorar su eficiencia.
- c) Los componentes que determinan el rendimiento del trigo son: número de espigas por unidad de superficie, número de granos por espiga y peso individual de los granos.
- d) Existen metodologías eficientes para estimar DOE en experimentos conducidos con la matriz Plan Puebla I.

### **3.- OBJETIVOS E HIPOTESIS.**

El objetivo principal de este trabajo, fue evaluar la factibilidad de reducir los niveles de aplicación de densidad de siembra y fertilización nitrogenada y fosfórica que actualmente se recomiendan para el método de siembra de trigo en surcos bajo riego, sin sufrir reducciones en su rendimiento.

Las hipótesis que se plantean en este trabajo son:

- 1) El rendimiento del trigo en surcos, no se afecta significativamente al bajar los niveles actuales de nitrógeno, fósforo y densidad de población.
- 2) Es posible mejorar el beneficio neto que se logra al seguir la recomendación actual para el trigo en surcos.



UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

## **4.- MATERIALES Y METODOS.**

### **4.1. Características de la Región.**

La región de estudio se ubica en la porción central del estado de Nuevo León, la cual está comprendida en la provincia fisiográfica conocida como Llanura Costera del Golfo del Norte. Entre los materiales aflorantes dominan los sedimentos marinos no consolidados (arcillas, arenas y conglomerados) cuya edad aumenta conforme su distancia respecto a la costa. La altura sobre el nivel del mar varía de 300 a 500 m. En general los suelos que predominan son los vertisoles, que son profundos y de color oscuro, otro tipo importante de suelos son los xerosoles háplicos, cálcicos y lúvicos profundos y de color claro. El clima es cálido semiseco con lluvias en verano, la precipitación total anual oscila entre 600 y 1000 mm, la máxima incidencia se presenta en septiembre (180 mm) y la mínima en diciembre y enero (15-20 mm). La temperatura media mensual más alta, con un rango de 28 a 29° C, se registra en agosto y la mínima, 14 a 15° C, en enero.

### **4.2. Características del Sitio Experimental.**

#### **4.2.1. Antecedentes**

El experimento se estableció en terrenos del campo experimental General Terán, ubicado 13 Km al noreste de la cabecera municipal y se localiza entre los 25° 18' 08" latitud norte y los 99° 35' 35" longitud oeste, con 332 msnm.

El terreno de siembra se mantuvo en descanso varios años y se ocupó en el ciclo otoño - invierno (temprano) de 1989 con el cultivo de maíz, sin fertilizar, incorporando sus residuos al suelo después de la cosecha con un paso de rastra de discos. La preparación posterior del suelo consistió de barbecho con arado de discos en julio y dos pasos de rastra cruzados a principios de diciembre.

#### 4.2.2. Muestreo de Suelo

Antes de la siembra, se colectó una muestra de suelo compuesta por 4 submuestras, para los estratos de 0-15 y 15-30 cm de profundidad, con fines de obtener su análisis físico-químico, el cual fue realizado en el laboratorio de suelos del propio Campo Experimental.

De acuerdo con los resultados de este análisis (apéndice 1) el suelo del sitio experimental resultó de textura arcillosa (48%), no salino, no sódico, con pH de 7.8, mediano en contenido de nitrógeno, mediano en fósforo y extremadamente rico en potasio, todo esto para el estrato 0-15 cm de profundidad.

#### 4.2.3. Condiciones Climáticas Ocurridas.

Las condiciones meteorológicas ocurridas durante el ciclo de crecimiento del trigo experimental se presentan en forma resumida en el cuadro siguiente.

Cuadro 4. Concentrado de datos climáticos ocurridos durante el ciclo de crecimiento del trigo . 1989-90

Mes	Temperatura en ° C			lluvia mm	Evap. mm	Días con Helada
	Max.	Min.	Media			
Dic.	27.0	-7.2	9.9	67.3	47.99	6
Ene	33.0	1.0	16.4	2.5	119.48	0
Feb.	35.0	3.2	18.3	18.9	123.33	0
Mzo.	32.5	4.8	20.0	47.5	133.86	0
Abr. *	32.5	12.5	23.7	60.4	48.62	0
Total				196.6	473.28	6

\* Hasta el día de cosecha: 17 de abril de 1990

Fuente: Estación Climatológica del Campo Experimental Gral. Terán.

### 4.3. Factores Tecnológicos Controlados.

La variedad de trigo utilizada en la siembra fue Galvez M-87, de ciclo vegetativo intermedio (135 días a cosecha) de porte alto (80 cm de altura), tolerante a roya de la hoja (Puccinia recondita) y seleccionada en función de los resultados de los ensayos de variedades de los últimos años. El origen de semilla fue General Terán ciclo 1988-89, con un porcentaje de germinación de 89%.

La siembra se efectuó el día 14 de diciembre de 1989, a tierra venida por humedad de lluvias, sobre terreno en plano, se utilizó una sembradora John Deere MP-25 de 2 botes, modificada para distribuir la semilla en surcos a 80 cm con doble hilera de plantas separadas a 20 cm entre ellas.

La fecha y especificación de labores realizadas en la conducción de este experimento se describen en el cuadro 5.

Cuadro 5. Fecha y labores realizadas en la conducción del experimento.

Fecha	Descripción de la Labor
25-Jul-89	Barbecho con arado de discos
4-Dic-89	Rastra y cruza
14-Dic-89	Siembra mecánica con humedad de lluvias
23-Dic-89	1er Riego de Auxilio (Amacollamiento)
24-Ene-90	Aplicación de Sevin 80 PH, 1.5 Kg/ha contra trips y pulgón.
28-Ene-90	Fertilización en banda al centro de la doble hilera y 8 cm. de profundidad
31-Ene-90	2do. Riego de Auxilio (Encañe)
27-Feb-90	3er. Riego de Auxilio (Espigamiento)
4-Mzo-90	Deshierbe con Azadón
22-Mzo-90	4to. Riego de Auxilio (Llenado de grano)
17-Abr-90	Cosecha manual y Trilla mecánica



#### 4.4. Factores en Estudio y Diseño de Tratamientos.

Los factores estudiados en este experimento fueron niveles de aplicación de nitrógeno, fósforo y densidad de siembra. Los espacios de exploración, expresados en Kg/ha de nutrimento o semilla, fueron:

- a) Nitrógeno: 40-60-80-100
- b) Fósforo: 0-30-60-90
- c) Densidad: 5-20-35-50

La selección de tratamientos se basó en el empleo de la matriz experimental Plan Puebla I para 3 factores, de la cual resulta 14 combinaciones, así mismo se incluyeron a la lista dos tratamientos "testigo": (15) fórmula recomendada (120-46-65) y (16) testigo sin fertilizante (0-0-65) dando un total de 16 tratamientos evaluados que se presentan en el cuadro 6 y se esquematizan en la Figura 1.

Las fuentes de fertilizantes que se usaron fueron:

- Nitrógeno: Urea (46% de N)
- Fósforo: Superfosfato de Calcio Triple (46% de  $P_2O_5$ )

Los cuales se mezclaron en proporción correspondiente a la dosis del tratamiento, aplicándose en una sola ocasión, en la etapa de amacolamiento del trigo; el fertilizante se distribuyó en banda al centro de la doble hilera del trigo y a una profundidad de 8 cm, posteriormente se aplicó un riego de auxilio.

Los diferentes niveles de densidad de siembra se lograron convirtiendo la variable kilogramos de semilla por hectarea a gramos de semilla por metro lineal de surco, preparándose en sobres individuales y distribuidos en el terreno mediante el uso de conos para sembradora experimental.

**Cuadro 6. Relación de Tratamientos usados en el experimento de trigo. 1989-90**

No. de Tratam.	Tratamiento en Kg/ha		
	Nitrógeno	Fósforo	Densidad S.
1	60	30	20
2	60	30	35
3	60	60	20
4	60	60	35
5	80	30	20
6	80	30	35
7	80	60	20
8	80	60	35
9	40	30	20
10	100	60	35
11	60	0	20
12	80	90	35
13	60	30	5
14	80	60	50
15	120	46	65
16	0	0	65

Tratamientos 1 - 8 = Factorial 2<sup>3</sup>

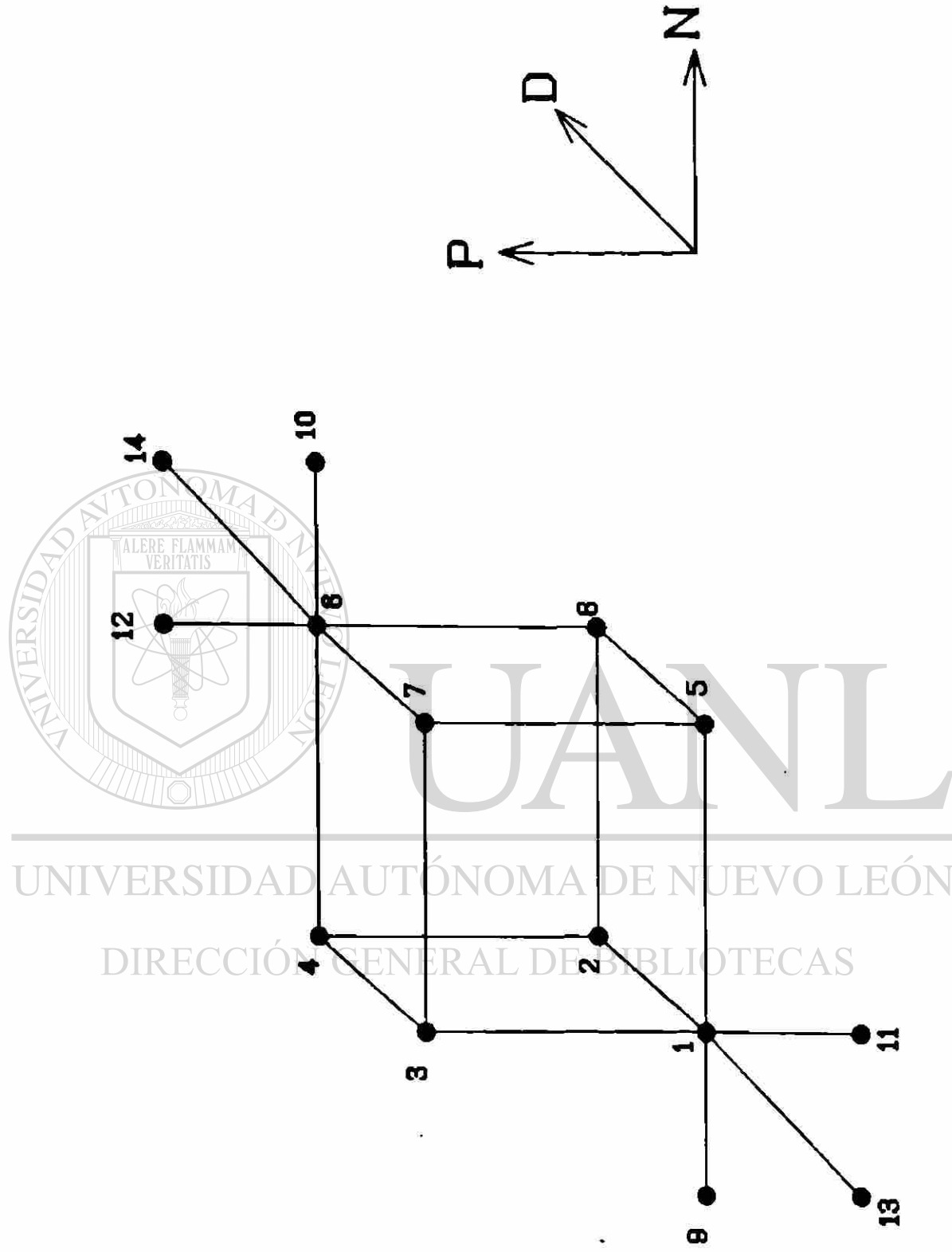


FIGURA 1. MATRIZ DE TRATAMIENTOS PLAN PUEBLA I USADA EN EL EXPERIMENTO DE TRIGO 1989 - 90.



#### 4.5. Diseño Experimental y Tamaño de Parcela.

La distribución de los tratamientos se realizó mediante el diseño bloques al azar con cuatro repeticiones. El bloque consistió de 16 parcelas arregladas en hileras de 8, como se ilustra en la Figura 2.

La parcela experimental constó de cuatro surcos dobles de siete metros de longitud, tomándose como parcela útil los dos surcos centrales de cinco metros de longitud, ya que se eliminó un metro en cada extremo por efectos de bordo de tal manera que el área de parcela útil fue:

$$(2 \times .80) \times 5 = 8.0 \text{ m}^2$$

#### 4.6. Observaciones de Campo

En general, en el experimento hubo una buena germinación en todos los tratamientos, se presentó un ligero ataque de plagas (trips y pulgón) en la etapa de amacollamiento del trigo el cual fue controlado oportunamente, no hubo incidencia de enfermedades, las heladas ocurridas entre el 19 y 23 de diciembre no afectaron ya que el trigo estaba por emerger, visualmente fue posible observar amarillamiento en el follaje del tratamiento sin fertilizante (0-0-65).

La secuencia cronológica y la forma en que se midieron las variables fue la siguiente:

- a) **Días a espigamiento:** Días julianos contados entre la fecha de siembra y la aparición del 50% de las espigas.
- b) **Altura de planta:** Se tomó el promedio de altura en cm de cuatro plantas por tratamiento en cada repetición.
- c) **Número de tallos por planta:** se calculó contando el número total de tallos en un metro lineal de surco doble y al dividirlo entre el número de plantas se obtuvo el promedio de tallos por planta.
- d) **Número de espigas por metro lineal:** conteo de espigas en un metro lineal de surco doble.

- e) **Area foliar por planta:** se arrancaron cuatro plantas con competencia completa en los surcos de protección de cada tratamiento y se le determinó el área foliar en  $\text{cm}^2$  promedio por planta, mediante la suma de las áreas foliares de cada una de las hojas presentes. El área foliar de cada hoja se estimó mediante la fórmula:  $\text{largo máximo} \times \text{ancho máximo} \times 0.75$
- f) **Días a madurez:** días julianos contados entre la fecha de siembra y la madurez fisiológica tomada por apreciación visual y física de la planta y grano.
- g) **Número de granos por espiga:** se seleccionaron al azar cuatro espigas por parcela y se contó el número de granos por espiga.
- h) **Peso de 100 granos:** se contaron 100 semillas por cada tratamiento y se efectuó su pesaje en balanza de precisión.
- i) **Rendimiento de grano:** Al trillar cada tratamiento por separado se pesó inmediatamente el grano en balanza granitaria y posteriormente se hizo la conversión a  $\text{Kg/ha}$ .

**FIGURA 2.- CROQUIS DE DISTRIBUCION DE TRATAMIENTOS EN EL EXPERIMENTO.**

**BORDO**

**BORDO**

I	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>15</td> <td>14</td> <td>13</td> <td>12</td> <td>11</td> <td>10</td> <td>9</td> </tr> </table>	1	2	3	4	5	6	7	8	16	15	14	13	12	11	10	9
1	2	3	4	5	6	7	8										
16	15	14	13	12	11	10	9										
II	<table border="1"> <tr> <td>13</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>6</td> <td>16</td> <td>11</td> <td>1</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>7</td> <td>12</td> <td>15</td> <td>2</td> <td>5</td> <td>9</td> <td>14</td> </tr> </table>	13	8	4	6	16	11	1	3	10	7	12	15	2	5	9	14
13	8	4	6	16	11	1	3										
10	7	12	15	2	5	9	14										
III	<table border="1"> <tr> <td>3</td> <td>8</td> <td>13</td> <td>1</td> <td>6</td> <td>16</td> <td>11</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>4</td> <td>12</td> <td>9</td> <td>14</td> <td>10</td> <td>5</td> <td>2</td> </tr> </table>	3	8	13	1	6	16	11	7	15	4	12	9	14	10	5	2
3	8	13	1	6	16	11	7										
15	4	12	9	14	10	5	2										
IV	<table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>10</td> <td>16</td> <td>5</td> <td>15</td> <td>2</td> <td>14</td> <td>3</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>6</td> <td>11</td> <td>4</td> <td>13</td> <td>9</td> <td>12</td> <td>7</td> </tr> </table>	1	10	16	5	15	2	14	3	8	6	11	4	13	9	12	7
1	10	16	5	15	2	14	3										
8	6	11	4	13	9	12	7										

## 4.7. Análisis de la Información.

### 4.7.1. Análisis de varianza (ANVA)

Se calculó el ANVA para cada una de las variables estudiadas en el experimento, con el objeto de conocer los efectos de los tratamientos y las repeticiones (bloques), de acuerdo con el modelo estadístico para el diseño bloques al azar:

$$Y_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij}$$

donde:

$Y_{ij}$  = Es la variable en estudio

$M$  = Media general

$T_i$  = Efecto del tratamiento 1, 2 ..... 16

$B_j$  = Efecto del bloque 1, 2, 3 y 4

$E_{ij}$  = Error aleatorio

La hipótesis a probar en éste caso fue:

$$H_0 = T_1 = T_2 = \dots T_{16}$$

$$H_1 = T_i \text{ diferente para al menos una } i$$

### 4.7.2. Descomposición factorial para la var. rendimiento de grano

Con el objeto de conocer los efectos factoriales (efectos principales del N, P y D e interacciones) sobre la variable rendimiento de grano se procedió a descomponer el factorial  $2^3$  que forman los ocho primeros tratamientos de la matriz experimental Plan Puebla I, para lo cual se siguió el Método Automático de Yates (descrito por Cochran y Cox, 1950).

Una vez obtenidos los siete efectos factoriales (N, P, D, NP, ND, DP y NPD) se probó la hipótesis:

$$H_0 = N = P = \dots\dots NPD = 0$$

Mediante el cálculo del Efecto Mínimo Significativo aplicando la fórmula:

$$E M S = T_x (g l E) \sqrt{\frac{s^2}{2^{k-2} r}} \quad \alpha = 10\%$$

posteriormente se probó la respuesta de los factores en las prolongaciones de las artistas del cubo (resto de tratamientos de la matriz) mediante:

$$D M S = T_x (g l E) \sqrt{C M E \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)} \quad \alpha = 5\%$$

donde:

**E M S** = efecto mínimo significativo

**T x** = T de student con  $\alpha$  probabilidad de error tipo I

**g l E** = grados de libertad del error.

**C M E** = cuadrado medio del error.

**K** = número de factores

**r** = número de repeticiones

**D M S** = diferencia mínima significativa

**r<sub>1</sub>** y **r<sub>2</sub>** = número de repeticiones que intervienen en el cálculo de las medias comparadas.

### 4.7.3. Análisis económico

Para llegar a estimar la dosis óptima económica se siguieron el método gráfico - estadístico de Turrent (1978) y el método de evaluación económica propuesta por Perrin et al. (1976), este último consiste en lo siguiente:

- a) Primero se hace un presupuesto parcial de los datos promedios de los tratamientos. Para ello se calcula el Beneficio Neto (BN) de cada uno de ellos, esto requiere restar a los beneficios brutos los Costos Variables (CV). Se ordenan los tratamientos en orden decreciente en cuanto a BN, utilizando todos los tratamientos de la matriz experimental, incluyendo testigos.

Para el cálculo del Beneficio Neto se aplican las siguientes funciones:

$$\text{BN} = Y(y) - \text{CV}$$

BN = Beneficio Neto

Y = rendimiento en Kg/ha

y = valor de 1 Kg de trigo descontado

$$\text{CV} = n^N + p^P + d^D$$

n,p,d = Costo de 1 Kg de insumo aplicado.

N,P,D = dosis de insumo utilizada

CV = Costos Variables

- b) Con la lista de BN y CV se hace un análisis de dominancia, el cual consiste en tomar el tratamiento de mayor BN y comparar su CV con el inmediato inferior, si este último es mayor este será un tratamiento "dominado". Se continúa así, hacia abajo del listado hasta encontrar un tratamiento con menor CV que el de mayor BN anterior, ahora éste es contra el que se van a comparar el resto de tratamientos. Los tratamientos que no hayan sido dominados serán los que entren a la siguiente etapa. Con estos datos es posible construir una gráfica (curva de beneficios netos máximos).
- c) Posteriormente se realiza el análisis marginal con los datos que no fueron dominados.

Se estima el incremento marginal en beneficio neto (IMBN) al restar el BN del tratamiento en cuestión del tratamiento próximo inferior. Después se obtiene el incremento marginal en costos variables (IMCV) de la misma manera que se calculó el IMBN. Estos cálculos se realizan de la parte inferior hasta llegar al tratamiento superior. Una vez que se tienen las dos columnas se procede a obtener la tasa de retorno marginal que es igual a: IMBN/IMCV.

- d) Enseguida se procede a fijar una tasa de retorno marginal (TRM) "mínima" que será fijada por el investigador de acuerdo a las condiciones económicas de la región.
- e) Se selecciona como tratamiento óptimo económico el que tenga el mayor BN y que sobrepase la TRM mínima esperada.

#### 4.7.4. Análisis de regresión.

El rendimiento de grano y el resto de variables agronómicas y morfológicas tomadas en el experimento fueron descritas en función de los factores estudiados (NPD), utilizando el modelo de regresión múltiple siguiente:

$$Y_i = B_0 + B_1N + B_2P + B_3D + B_4N^2 + B_5P^2 + B_6D^2 + B_7NP + B_8ND + B_9PD + B_{10}NPD$$

donde:

$Y_i$  = Variable dependiente.

$N$  = nivel de aplicación de nitrógeno.

$P$  = nivel de aplicación de fósforo.

$D$  = nivel de aplicación de densidad de siembra.

$N^2, P^2, D^2$  = efectos cuadrados de los factores.

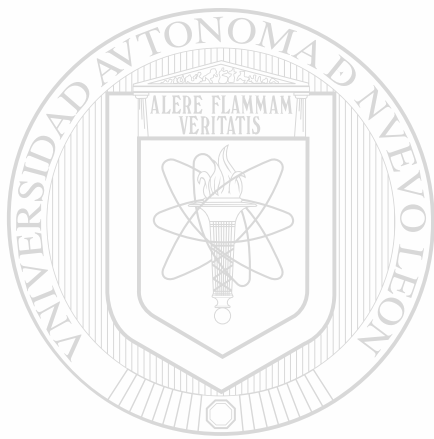
$NP$  = Interacción entre nitrógeno y fósforo.

**PD = interacción entre fósforo y densidad.**

**NPD = interacción entre nitrógeno, fósforo y densidad.**

**B's = coeficientes o parámetros desconocidos.**

**Además se efectuó un análisis de correlación entre todas las variables para conocer su grado de asociación.**



**UANL**

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN**

®

**DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS**



## **5.- RESULTADOS**

Primeramente se presentarán los resultados del efecto conjunto de los tratamientos sobre el rendimiento y características agronómicas del trigo, enseguida se analizará el efecto principal de los factores estudiados y sus interacciones sobre el rendimiento de grano y finalmente se presentará su análisis económico.

### **5.1. Efecto de los Tratamientos Sobre el Rendimiento y Características Agronómicas del Trigo.**

En el Cuadro 7, se presentan los resultados obtenidos en el rendimiento del trigo, para cada tratamiento y repetición, así como el rendimiento promedio por tratamiento estudiado; puede observarse que la producción media más alta fue 3,855 Kg/ha con el tratamiento 14 (80-60-50), mientras que el menor rendimiento fue de 3,332 Kg/ha con el tratamiento 13 (60-30-5), que representa este último el nivel explorado más bajo en la densidad de siembra, por lo que el rango de variación en la producción media de trigo fue de 523 Kg/ha. La media general del experimento resultó de 3,589 Kg/ha, producción inferior al promedio nacional (Cuadro 1), pero mayor que el promedio estatal de trigo en Nuevo León (Cuadro 2), aclarando que se está comparando un dato con carácter experimental con la producción a escala comercial.

En el Cuadro 8, aparecen los datos promedio por tratamiento, para cada una de las variables agronómicas que se tomaron en la conducción de este experimento. Es de importancia resaltar los notables contrastes en los valores de algunas variables estrechamente relacionadas con el rendimiento tales como: número de tallos por planta (NT), granos por espiga (GE) y área foliar (AF), las cuales alcanzan su mayor expresión en los tratamientos con menor densidad de población.

Los resultados del análisis de varianza para todas las variables estudiadas, se muestran en el Cuadro 9, indicándose en cada caso el valor de F calculada para tratamientos, su significancia y coeficiente de variación.

**Cuadro 7. Rendimiento de grano en Kg/ha por tratamiento y repetición, General Terán, N. L. 1989-90.**

No	TRATAMIENTO			REPETICION				MEDIA
	N	P	D	I	II	III	IV	
1	60	30	20	3,795	3,695	3,148	3,290	3,482
2	60	30	35	3,838	3,710	3,408	3,553	3,627
3	60	60	20	3,773	3,865	3,260	3,753	3,663
4	60	60	35	3,475	3,735	3,865	3,525	3,650
5	80	30	20	3,750	3,325	3,388	3,655	3,530
6	80	30	35	3,663	3,910	3,393	3,670	3,659
7	80	60	20	3,560	3,618	3,760	3,500	3,610
8	80	60	35	3,520	3,785	3,848	3,355	3,626
9	40	30	20	3,725	3,688	3,175	3,118	3,427
10	100	60	35	4,135	3,473	3,765	3,070	3,611
11	60	0	20	3,583	3,250	3,345	3,630	3,452
12	80	90	35	4,110	3,643	3,603	3,563	3,730
13	60	30	5	3,528	3,413	3,540	2,848	3,332
14	80	60	50	4,423	3,863	3,455	3,680	3,855
15	120	46	65	3,938	3,585	3,618	3,755	3,724
16	0	0	65	3,330	3,580	3,498	3,353	3,440

**Cuadro 8. Características agronómicas promedio por tratamiento. General Terán, N. L. 1989-90.**

No TRAT.	N	P	D	DE	APL	NT	NE	AF	GE	PS
1	60	30	20	73	84	4.5	260	70.5	42.5	4.655
2	60	30	35	73	85	2.8	284	67.2	39.5	4.647
3	60	60	20	73	84	3.7	217	64.4	41.3	4.679
4	60	60	35	72	82	2.8	278	54.9	32.2	4.643
5	80	30	20	73	87	4.2	245	75.4	38.2	4.570
6	80	30	35	72	82	2.6	259	63.6	37.2	4.376
7	80	60	20	73	88	4.2	244	73.2	37.7	4.506
8	80	60	35	73	82	2.8	283	61.8	34.7	4.664
9	40	30	20	73	85	4.0	235	75.0	39.7	4.618
10	100	60	35	71	84	2.4	238	51.7	41.0	4.587
11	60	0	20	73	85	4.1	238	71.9	39.0	4.530
12	80	90	35	70	84	2.8	286	57.6	39.5	4.488
13	60	30	5	74	86	15.2	193	76.7	43.7	4.622
14	80	60	50	70	86	2.0	290	57.8	30.7	4.572
15	120	46	65	69	83	1.6	284	56.9	37.2	4.528
16	0	0	65	70	86	1.4	262	60.9	36.5	4.588

DE = días a espigamiento

APL = altura de planta, cm

NT = número de tallos/planta

NE = número de espigas

AF = area foliar, cm<sup>2</sup>

GE = granos por espiga

PS = peso de 100 semillas, grs.

**Cuadro 9. Análisis de varianza para las variables estudiadas en trigo. General Terán, N. L. 1989-90.**

<b>VARIABLE</b>	<b>F. CALCULADA DE TRATAM.</b>	<b>SIGNIFIC. F. DE TRATAM.</b>	<b>CV %</b>
Rendimiento	1.18	NS	6.71
Días a espiga	11.24	**	1.38
Altura de planta	0.72	NS	0.05
Tallos por planta	77.45	**	19.05
Num. de espigas	2.24	**	14.64
Granos por espiga	2.79	**	11.00
Peso de semillas	1.83	NS	2.58
Area Foliar	1.87	**	18.16

\* Diferencia significativa al 0.05

\*\* Diferencia altamente significativa al 0.01

Los resultados del análisis indican, que el efecto conjunto de sembrar el trigo con diferentes densidades de población y agregar nitrógeno y fósforo en diferentes cantidades, no resultó estadísticamente significativo en las variables rendimiento de grano, altura de planta y peso de semillas en cambio se presentó diferencia debida a los tratamientos en las variables días al espigamiento, número de tallos por planta, número de espigas, granos por espiga y área foliar por planta, todas ellas con significancia al nivel de 1 %, excepto la última variable en donde la diferencia fue únicamente al 5 %.

Se realizó la comparación de promedios mediante la prueba de DMS (diferencia mínima significativa), al nivel de significancia de 5 % para cada una de las variables que mostraron significancia en la F de tratamientos, los resultados de esta prueba (Cuadro 10) indican que el tratamiento con la densidad de siembra más baja que es de 5 Kg/ha, se encuentra siempre entre el primer grupo de tratamientos para las variables días a espigamiento, número de tallos por planta, número de granos por espiga y área foliar, el caso contrario sucede en la variable número de espigas por metro lineal de surco, que representa una componente importante en la determinación del rendimiento por unidad de superficie, en la cual puede observarse que las mayores cantidades de espigas se obtienen en los tratamientos de más alta densidad de siembra, mientras que las poblaciones bajas a pesar de incrementar el número de tallos por planta, no alcanzan los niveles de cantidad de espigas que se logran con las densidades altas. El grado de asociación entre todas las variables se determinó mediante el análisis de correlación, cuyos resultados se presentan en el Cuadro 11.

Cuadro 10. Comparación de medias\* de las variables agronómicas que resultaron con diferencia estadística en el Análisis de Varianza.

No	TRATAMIENTO				DE	NT	NE	GE	AF
	N	P	D						
1	60	30	20	73	45	b	260	43	70.5
2	60	30	35	73	2.8	cd	284	40	67.2
3	60	60	20	73	3.7	bc	217	41	64.4
4	60	60	35	72	2.8	cd	278	32	54.9
5	80	30	20	73	4.2	b	245	38	75.4
6	80	30	35	72	2.6	de	259	37	63.6
7	80	60	20	73	4.2	b	244	38	73.2
8	80	60	35	73	2.8	cd	283	35	61.8
9	40	30	20	73	4.0	b	235	40	75.0
10	100	60	35	71	2.4	def	238	41	51.7
11	60	0	20	73	4.1	b	238	39	71.9
12	80	90	35	70	2.8	cd	286	40	57.6
13	60	30	5	74	15.2	a	193	44	76.7
14	80	60	50	70	2.0	def	290	31	57.8
15	120	46	65	69	1.6	ef	284	37	56.9
16	0	0	65	70	1.4	f	262	37	60.9

\* DMS al 5% de significancia.



Cuadro 11. Tabla de correlaciones entre las variables. General Terán, N. L. 1989-90.

Correlación	REND.	DE	APL	NT	NE	GE	PS	AF
REND	1.000							
DE	-.342 *	1.000						
APL	.065	.043	1.000					
NT	-.289	.481 **	.125	1.000				
NE	.195	-.318 *	-.095	-.360 *	1.000			
GE	-.046	.230	.049	.342 *	.363 *	1.000		
PS	-.106	.111	-.117	.084	-.075	.128	1.000	
AF	.125	.286	.228	.339 *	-.145	.369 *	-.105	1.000

\* Diferencia significativa al 0.05

\*\* Diferencia altamente significativa 0.01

Los resultados que arroja el análisis de correlación indican que las variables: altura de planta y peso de semilla no tuvieron relación estadística con ninguna de las otras variables que fueron estudiadas. Por su parte, el rendimiento de grano solo correlacionó significativamente en forma negativa con la variable días al espigamiento y la mayor asociación positiva del rendimiento aunque no significativa fue con el número de espigas por unidad de superficie.

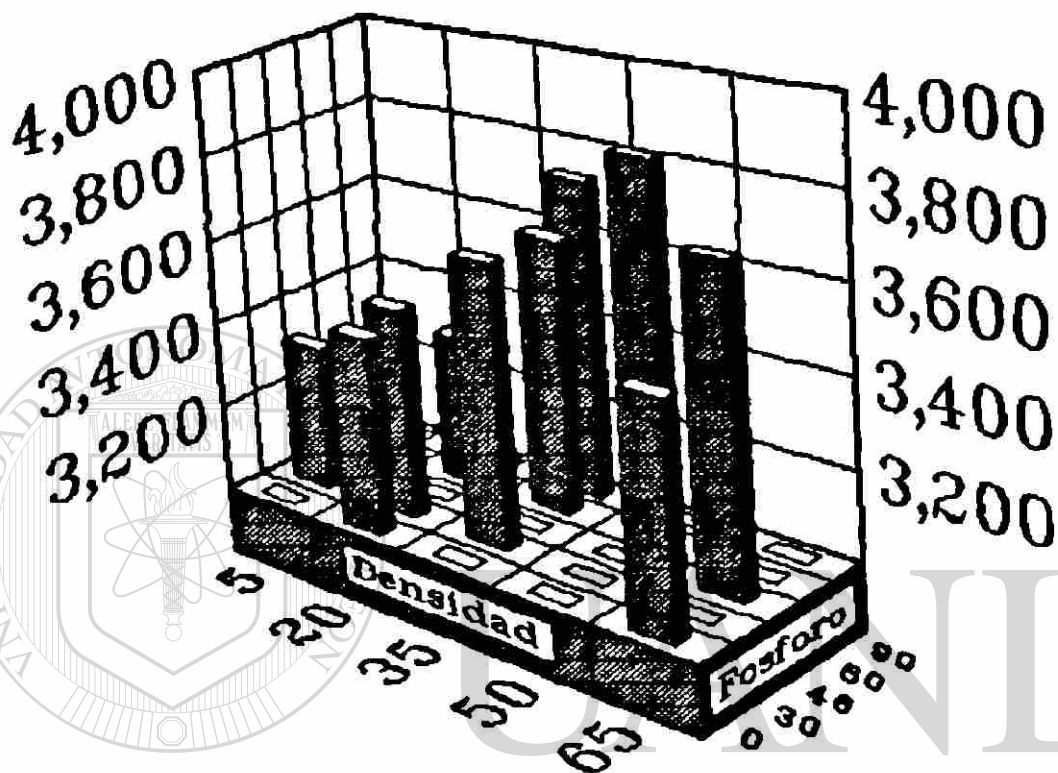
Además del factor densidad de siembra, la variable que influye en la determinación del número de espigas es el número de tallos por planta, encontrándose en este experimento una asociación negativa entre ambas variables. En cambio el número de tallos por planta resultó correlacionado positivamente con las variables: días a espigamiento, granos por espiga y área foliar por planta.

El rendimiento de grano y el resto de las variables agronómicas tomadas en el experimento, consideradas como variables dependientes de los efectos factoriales de primero, segundo y tercer orden del nitrógeno fósforo y densidad de siembra en todo el rango de niveles exploradas incluyendo los testigos, se analizó mediante la técnica de regresión múltiple. Los resultados para rendimiento de grano (Cuadro 2A) muestran una contribución significativa debida a la interacción fósforo-densidad, generándose el siguiente modelo de predicción:

$$Y = 3451 + 0.103 (PD) \quad r^2 = 16.6 \% \quad n = 64$$

En la Figura 3, se presenta el efecto de la interacción fósforo-densidad sobre el rendimiento, observándose la mejoría de este al aumentar los niveles de aplicación de fósforo y cantidad de semilla en la siembra del trigo.

## Rendimiento Kg/Ha



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

FIGURA 3. Rendimiento de trigo en función de la interacción fósforo - densidad. Gral. Terán, N.L. 1989-90.

En el análisis de regresión múltiple se identificó a la densidad de siembra, como el factor de mayor influencia en la determinación del período a espigamiento (DE), generándose el siguiente modelo de predicción altamente significativo:

$$DE = 74.7 - 0.089 (D) \quad r^2 = 60 \% \quad n = 64$$

Esta relación indica que las siembras de trigo alargan su período a espigamiento a medida que la densidad de siembra se reduce.

En cuanto al efecto de los factores estudiados sobre la variable número de tallos (NT) el efecto principal fue el del factor densidad de siembra, generándose un modelo de predicción altamente significativo:

$$NT = 2.73 - 0.0166 (D) \quad r^2 = 21.1 \% \quad n = 64$$

En la Figura 4, se observa como decrece el número de tallos por planta a medida que se aumenta la densidad de siembra.

Se mencionó anteriormente que el número de espigas por unidad de superficie (NE) depende de la densidad de siembra y del número de tallos por planta, variable con la cual se encontró asociada negativamente, este hecho se comprobó al realizar el análisis de regresión de la variable número de espigas, el cual arrojó el modelo de regresión altamente significativo:

$$NE = 168.74 + 4.439 (D) - 0.043 (D^2) \quad r^2 = 30 \% \quad n = 64$$

**Este modelo indica que el número de espigas se determina por un efecto lineal de la densidad de siembra y una corrección por efecto cuadrático de la densidad. Al graficar (Figura 5) los valores que genera este modelo, se observa como el número de espigas se incrementa rápidamente en los primeros niveles de densidad de siembra y la curva declina su crecimiento al pasar a las densidades de siembra altas.**

**En otro componente importante del rendimiento como es el número de granos por espiga (GE), también resultaron significativos los efectos lineal y cuadrático de la densidad de siembra, resultando un modelo de regresión significativo que expresa la reducción del número de espigas a medida que se aumenta la densidad de siembra:**

$$\text{GE} = 46.35 - .4064 (D) - .0038 (D^2) \quad r^2 = 20.3 \% \quad n = 64$$

**Sobre el tercer componente del rendimiento: peso de semilla no se encontró influencia de ninguno de los factores estudiados mediante el análisis de regresión.**

FIGURA 4. Relacion entre el numero de tallos por planta y la densidad de siembra.

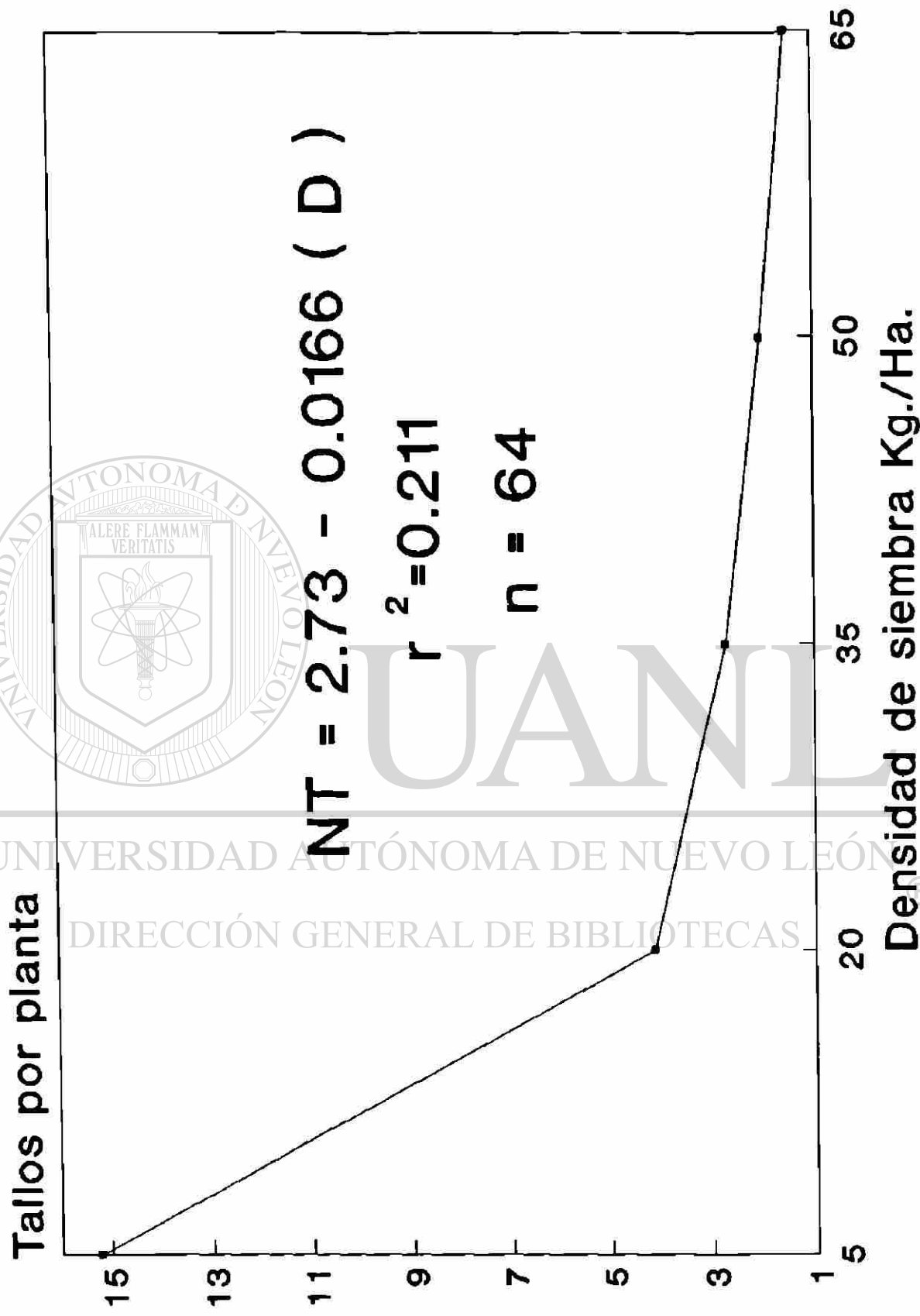
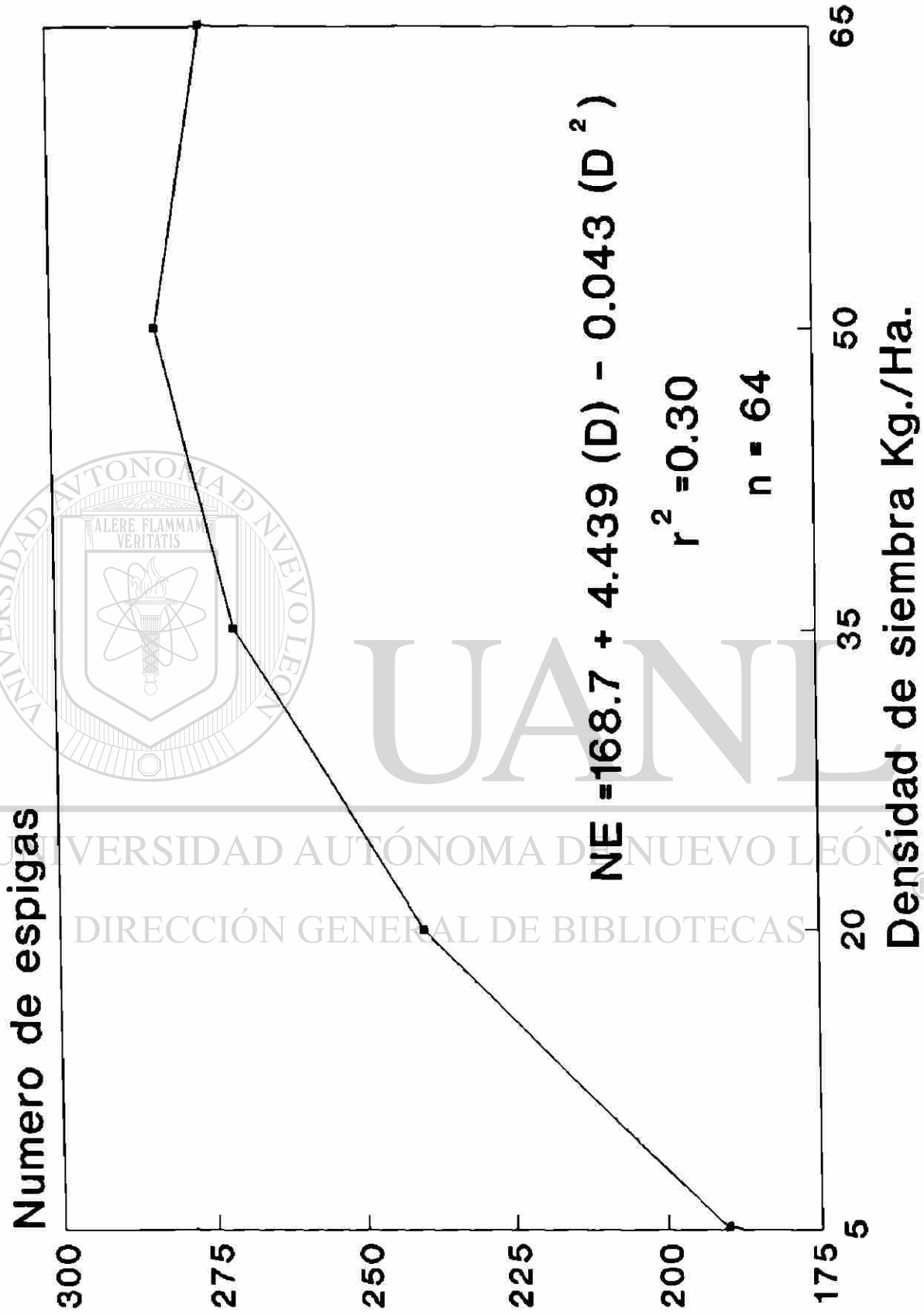




FIGURA 5. Relacion entre el numero de espigas por metro lineal y la densidad de siembra.



## 5.2. Descomposición de los Efectos Factoriales.

El procedimiento descrito por Turrent (1978), para la interpretación de experimentos conducidos con la matriz Plan Puebla I, consiste como primer paso en determinar los efectos factoriales promedio dentro de los 8 tratamientos que forman el cubo (factorial 2<sup>3</sup>), esto mediante el método automático de Yates y posteriormente se examina la respuesta en los tratamientos que representan las prolongaciones de las aristas del cubo, los resultados de la aplicación de este método (Cuadro 12) se describen a continuación:

Cuadro 12. Aplicación del método de Yates a los datos del experimento de trigo. General Terán, N. L. 1989-90.

Tratamiento No.	Rend. Total	Método automático de Yates			EFM Kg/ha	Efecto o Interacc.
		1	2	3		
1	13,928	+ 28,437	+ 57,688	+ 115,388	3,605	Media
2	14,509	+ 29,251	+ 57,700	+ 1,118	+70	D
3	14,651	+ 28,754	+ 530	+ 1,006	+63	P
4	14,600	+ 28,946	+ 588	- 1,080	-68	PD
5	14,118	+ 581	+ 814	+ 12	40.7	N
6	14,636	- 51	+ 192	+ 58	+ 3.6	ND
7	14,438	+ 518	- 632	- 622	+ 39	NP
8	14,508	+ 70	- 448	+ 184	+11.5	NPD
					143.0	EMS

C M E = 58,147

E F M = Efecto Factorial Medio

E M S = Efecto Mínimo Significativo

$$E M S = T_{10\%} (45 \text{ g l}) \sqrt{\frac{CME}{2^{n-2} r}} = 1.680 \sqrt{\frac{58147}{2 \times 4}} = 143 \text{ Kg}$$

Como ninguno de los efectos factoriales resulta mayor que el efecto mínimo significativo, la prueba de hipótesis :

$$E F M \geq E M S$$

resulta negativa, por lo cual el rendimiento medio (3,605 Kg/ha) se asocia con el tratamiento 60-30-20, que es la combinación de niveles más baja del cubo y con este valor se procede a examinar la respuesta en los tratamientos 9 al 14 que representan las prolongaciones del cubo para cada uno de los factores estudiados, mediante la prueba de DMS (Diferencia Mínima Significativa) :

$$D M S = T 5 \%, (45 \text{ g l}) \sqrt{C M E \left( \frac{1}{r} + \frac{1}{r_2} \right)} = 2.016 \sqrt{58147 \left( \frac{1}{4} + \frac{1}{32} \right)} = 258 \text{ Kg}$$

Para Nitrógeno :

$$\text{Tratamiento (1 al 8) VS 9 (40-30-20)} = 3605 - 3427 = 178 \text{ NS}$$

$$\text{Tratamiento (1 al 8) VS 10 (100-60-35)} = 3605 - 3611 = 6 \text{ NS}$$

Para Fósforo :

$$\text{Tratamiento (1 al 8) VS 11 (60-0-20)} = 3605 - 3452 = 153 \text{ NS}$$

$$\text{Tratamiento (1 al 8) VS 12 (80-90-35)} = 3605 - 3730 = 125 \text{ NS}$$

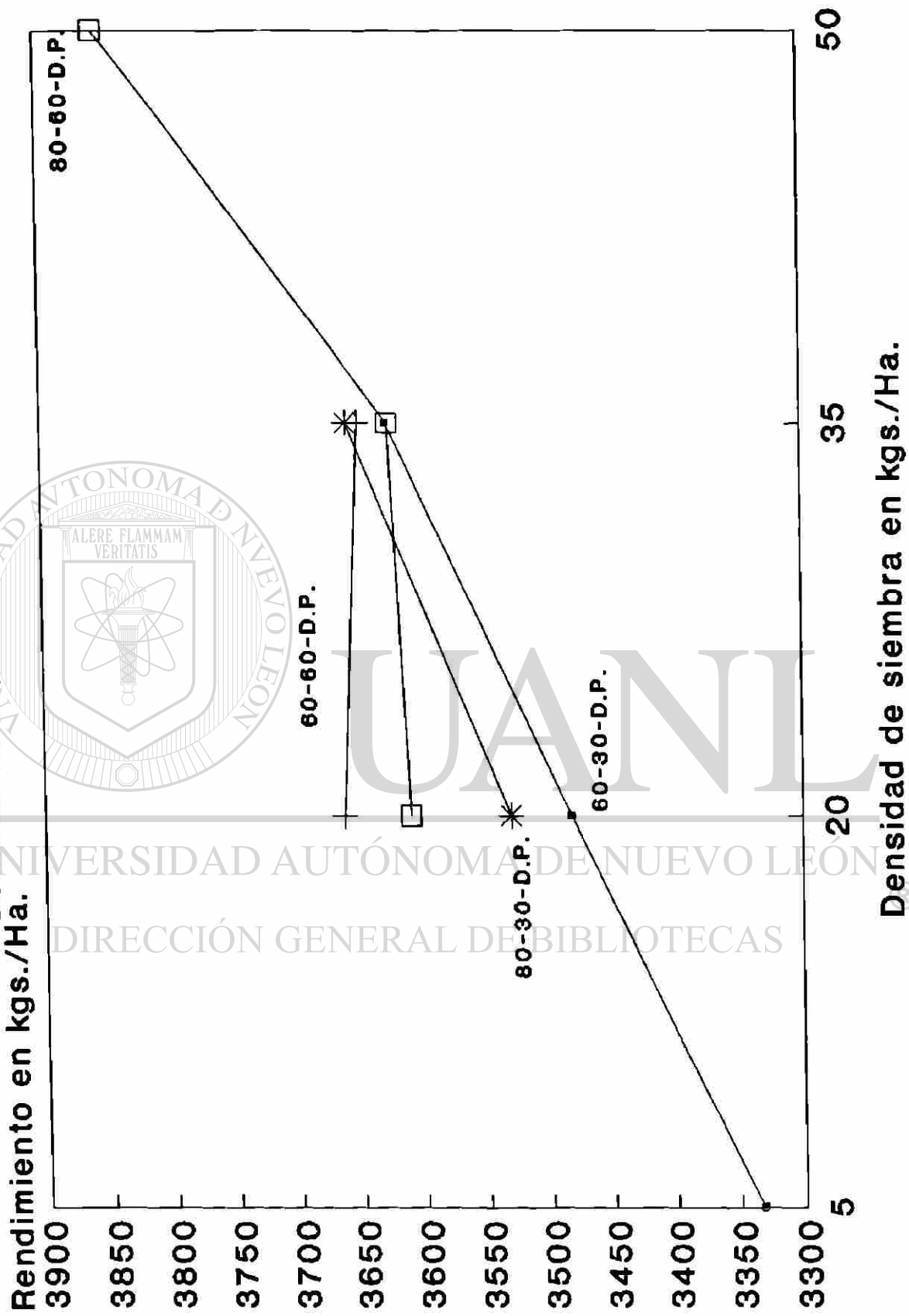
Para Densidad :

$$\text{Tratamiento (1 al 8) VS 13 (60-30-5)} = 3605 - 3332 = 273 *$$

$$\text{Tratamiento (1 al 8) VS 14 (80-60-50)} = 3605 - 3855 = 250 *$$

FIGURA 6. Rendimiento del trigo en funcion de los niveles aplicacion de densidad de siembra.

General Teran, N.L. 1989-90



Como puede observarse, al examinar la respuesta a las prolongaciones de los factores nitrógeno y fósforo no se encontró diferencia, pero en cambio en el factor densidad de siembra sí fue positiva la prueba de DMS, ya que la diferencia entre el promedio de rendimientos de los tratamientos del cubo y el de las prolongaciones alcanza el valor de la DMS (258 Kg/ha), por lo cual debe considerarse como significativo únicamente el efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento. En la Figura 6, se presenta el rendimiento del trigo en función de los niveles de densidad de siembra explorados, apreciándose en ella el incremento en rendimiento con el aumento en los niveles de densidad de siembra, hasta el punto máximo en rendimiento de 3,855 Kg/ha con el tratamiento 80-60-50.

El siguiente paso en la metodología de Turrent (1978), consiste en seleccionar la dosis óptima económica, para lo cual se procede a la parte económica del análisis de resultados.

### 5.3. Determinación de la Dosis Óptima Económica

El análisis económico para la determinación de la dosis óptima económica (DOE), se realizó mediante dos metodologías: (a) Método gráfico - estadístico de Turrent y (b) Método de evaluación económica de Perrin, ya que éste último permite concluir también sobre los tratamientos testigo no incluidos en la matriz experimental, además de que introduce en el análisis conceptos económicos importantes en la toma de decisiones de los agricultores.

#### 5.3.1. Método gráfico - estadístico

Como se mencionó anteriormente, el primer paso de éste método consiste en determinar los efectos factoriales, mediante la técnica de Yates. Después de conocer el comportamiento de cada uno de los factores en la variable rendimiento de grano, se procede a seleccionar la función para localizar el óptimo económico, esto se basa en encontrar la esquina o tratamiento del cubo que esté más

cercana al tratamiento óptimo económico de capital ilimitado (TOECI) y por definición el TOECI se asocia con la máxima ganancia posible; entonces aquella esquina del cubo asociado con el mayor beneficio neto (más costos fijos), será el tratamiento más cercano en terminos relativos al TOECI, sin embargo se advierte que si existiera algún tratamiento fuera del cubo asociado con un beneficio neto aún mayor, este sería considerado como TOECI. Para obtener tal determinación, se elaboró el Cuadro 13, tomando como base los costos de los insumos y el valor de la tonelada de trigo vigentes durante el ciclo de siembra 1989-90, que aparecen en el Cuadro 3A.

**Cuadro 13. Cálculo del beneficio neto (más costos fijos) asociado a los tratamientos explorados (en miles de \$/ha).**

No.	TRATAMIENTO			REND. KG/ha	IB	CV	BN
	N	P	D				
1	60	30	20	3,482	1,459	104	1,355
2	60	30	35	3,627	1,520	140	1,380
3	60	60	20	3,663	1,535	135	1,400 *
4	60	60	35	3,650	1,529	154	1,375
5	80	30	20	3,530	1,479	120	1,359
6	80	30	35	3,659	1,533	139	1,394
7	80	60	20	3,610	1,513	151	1,362
8	80	60	35	3,626	1,519	170	1,350
9	40	30	20	3,427	1,436	88	1,348
10	100	60	35	3,611	1,513	186	1,327
11	60	0	20	3,452	1,446	73	1,373
12	80	90	35	3,730	1,563	201	1,362
13	60	30	5	3,332	1,396	85	1,311
14	80	60	50	3,855	1,615	189	1,426 *

IB = Ingreso Bruto , CV = Costos Variables, BN = Beneficio Neto.



Como se observa en el Cuadro 13 el mayor beneficio neto de los primeros ocho tratamientos que forman el cubo, es el que se asocia al tratamiento 3 (60-60-20) de \$ 1'400,000 por hectárea, sin embargo aún es mayor el beneficio que se logra con la prolongación hacia el nivel alto de densidad de siembra que es el tratamiento 14 (80-60-50) ,por lo que este representa el tratamiento óptimo económico de capital ilimitado dentro del rango explorado en este experimento, de acuerdo con el método gráfico - estadístico de Turrent.

### 5.3.2. Método de evaluación económica de Perrin

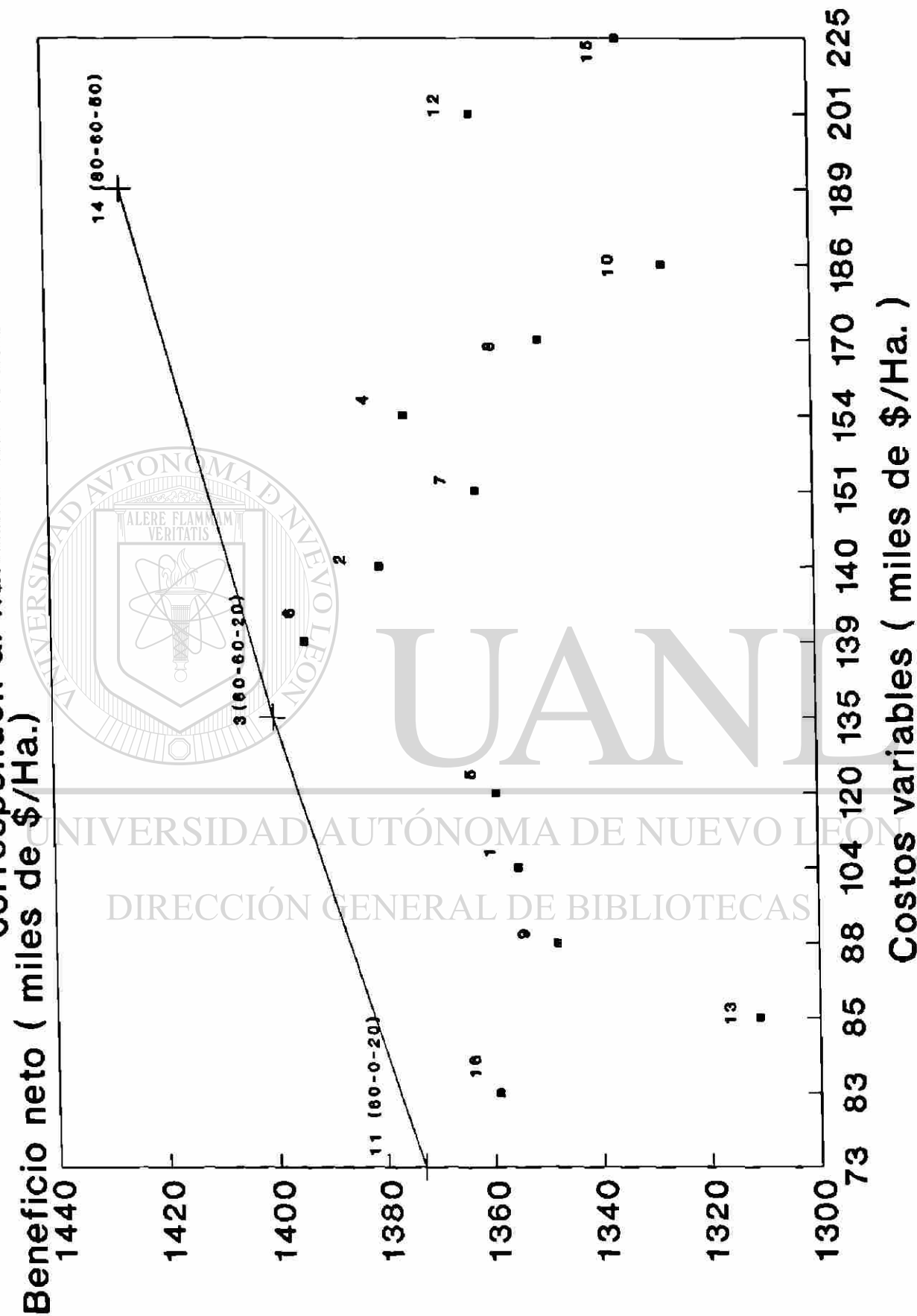
Tomando como base los mismos costos de los insumos y el valor de la tonelada de trigo que aparecen en el Cuadro 3A, se calculó apegándose a la metodología de Perrin et al. (1976), la tabla de beneficios netos que aparece en el Cuadro 14, en donde estos valores se muestran ordenados de mayor a menor beneficio neto y además se presentan otros conceptos económicos que utiliza este análisis y que se describen posteriormente.

En la figura 7, se presenta la curva de beneficio neto, la cual resume los resultados del presupuesto parcial para los tratamientos evaluados en el experimento, ya que muestra la relación entre sus costos variables y los beneficios netos promedios obtenidos. Los puntos que representan los tratamientos 11 (60-0-20), 3 (60-60-20) y 14 (80-60-50), conforman la llamada curva de beneficio neto máximo, puesto que son las alternativas que proporcionan mayores ganancias con menores costos variables, por lo que "dominan" al resto de tratamientos. Resulta evidente, que esta curva se eleva (las ganancias) conforme aumentan los niveles de aplicación de insumos (la inversión), por lo que es necesario introducir el concepto de análisis marginal, que nos revele cual de las tres alternativas seleccionadas nos permite un mejor uso de capital, esto es importante porque no todos los agricultores estarían dispuestos a escoger necesariamente la alternativa con los beneficios netos promedios más altos, que en este caso se logran con el tratamiento 80-60-50.

**Cuadro 14. Lista de Tratamientos ordenados de mayor a menor beneficio neto, su análisis de dominancia y tasa de retorno (miles \$/ha).**

No. TRAT.	BN \$/ha	TRATAMIENTO			CV \$/ha	BNM \$/ha	CM \$/ha	TR %
		N	P	D				
14	1,426	80	60	50	189/	26	54	49
3	1,400	60	60	20	135/	26	62	43
6	1,394	80	30	35	139*			
2	1,380	60	30	35	140*			
4	1,375	60	60	35	154*			
11	1,373	60	0	20	73/			
12	1,362	80	90	35	201*			
7	1,362	80	60	20	151*			
5	1,359	80	30	20	120*			
16	1,359	0	0	65	83*			
1	1,355	60	30	20	104*			
8	1,350	80	60	35	170*			
9	1,348	40	30	20	88*			
15	1,335	120	46	65	225*			
10	1,327	100	60	35	186*			
13	1,311	60	30	5	85*	-	-	-

FIGURA 7. Curva de beneficio neto maximo. Los numeros corresponden al numero de tratamiento.



En las últimas 3 columnas del Cuadro 9, se presentan los datos hasta la estimación de la tasa de retorno marginal (TRM) que es la misma que la pendiente de la curva de beneficio neto. Podemos ver, comenzando de arriba hacia abajo, que el costo marginal del primer incremento es de \$ 54,000/ha., el beneficio neto marginal es de \$ 1,426 - 1,400 = \$ 26,000, y la tasa marginal de retorno es de  $\$ 26,000/54,000 = .49$  o 49%, ésto significa que el tratamiento 14 (80-60-50) requiere una inversión adicional de \$ 54,000/ha. con respecto al tratamiento 3 (60-60-20) pero produce un rendimiento de grano mayor que este último, lo cual permite pagar esta inversión y además obtener una ganancia extra de \$ 26,000/ha y representa una tasa de retorno de 49% es decir, por cada peso invertido se ganan casi cincuenta centavos. La pendiente de la curva y los valores del análisis marginal nos indican que esta misma relación se mantiene al comparar el tratamiento 3 (60-60-20) con el siguiente que es el 11 (60-0-20); finalmente la comparación de éste último tratamiento contra cualquiera de los testigos o el de menor producción que fue el 13 (60-30-5) resulta ventajosa, ya que además de tener un menor costo de producción, permite mayores beneficios netos.

Si estableciéramos una tasa mínima de ganancia aceptable para los agricultores de 40%, la cual es mayor que el interés que reditúa una inversión bancaria (22.5%), e incluso mayor que el interés que se cobra por un préstamo bancario (32.5%, cualquiera de las 3 opciones de tratamientos se podría seleccionar ya que producen retornos por encima de la tasa mínima, sin embargo, el tratamiento 80-60-50 resulta ser el de mayor beneficio neto, con una aceptable tasa de retorno por lo que para aquellos agricultores que trabajan bajo el esquema de capital ilimitado esta podría ser la mejor opción. En cambio si el agricultor no tuviera el capital suficiente para invertir en este tratamiento podría elegir, de acuerdo a su disponibilidad de capital, entre el tratamiento 3 (60-60-20) y el 11 (60-0-20) pero debiendo considerar, que los riesgos de estas alternativas son mayores.

## **6.- DISCUSION**

El análisis de varianza, no detectó diferencia significativa en el rendimiento de grano (Cuadro 9) por el efecto de los tratamientos aplicados en este experimento, sin embargo al estudiar los efectos principales, se encontró que los niveles de densidad de siembra fueron diferentes significativamente en cuanto a rendimiento de grano y algunas características agronómicas del trigo (Cuadro 8), mientras que los efectos simples del nitrógeno y fósforo fueron no significativos. El análisis de regresión indicó una pequeña pero significativa contribución al rendimiento de la interacción fósforo - densidad.

El notable contraste a que fue sometido el factor densidad de siembra, abarca comparaciones de 180,000 plantas/ha para el nivel de 5 Kg/ha, equivalente a la población de un cultivo de sorgo de grano, hasta una densidad de 2'300,000 plantas/ha para el nivel de 65 Kg/ha de semilla, densidad actualmente sugerida para el sistema de siembra de trigo en surcos a doble hilera.

Al reducir la cantidad de semilla, se buscó propiciar un microambiente más favorable, para que la planta de trigo hiciera uso de su habilidad compensatoria en los componentes del rendimiento, para mantener al menos el nivel productivo por unidad de superficie, sin embargo en la expresión de estas características y finalmente en el rendimiento, existe la influencia de otros factores, tanto del tipo controlado como la fecha de siembra y no controlados en el caso del clima, factores que conviene discutir desde el punto de vista del análisis del rendimiento, antes de entrar al detalle del comportamiento observado por el efecto de los tratamientos.

La fecha de siembra del experimento (14 de diciembre), fue retrasada por lluvias al inicio del mes. El trigo en surcos requiere fecha de siembra temprana; Moreno (1987) señala el período de 15 de nov. al 15 de dic. como apropiado para el sur de Sonora, Ibarra (1983), encontró como época óptima para Gral. Terán, N. L., el período del 25 de nov. al 10 de dic., puede entonces considerarse a la fecha de siembra de este experimento como subóptima, situación que pudo afectar el rendimiento del trigo, especialmente a los tratamientos de baja densidad, reducción que parece asociada principalmente al peso unitario del grano, ya que en esta variable (Cuadro 9), no se encontraron las diferencias reportadas en estudios anteriores (Adame 1986, Ibarra 1985), tal aseveración



concuerta con lo expresado por Moreno (1987), cuando señala que la siembra tardía afecta más el llenado de grano en los tallos provenientes de hijuelos, por lo que la reducción es más drástica en trigos con poblaciones bajas de alto amacollamiento; en este sentido podría considerarse que la siembra tardía se constituye en limitante para alcanzar buenos rendimientos por conducto del peso de los granos, especialmente cuando se manejan bajas poblaciones.

Por otra parte al recorrer la fecha de siembra, finalmente lo que se está haciendo es enfrentar a la planta a una diferente condición de clima; en el caso de las siembras tardías de trigo esto significa enfrentar temperaturas más altas durante el período de postfloración, que es cuando se determina el peso del grano. Las temperaturas ocurridas de febrero a abril de 1990 (Cuadro 4), fueron más altas de lo normal, por lo que este factor afectó el potencial del rendimiento del cultivo. Longoria (comunicación personal), realizó un muestreo en semillas procedentes de una región de clima templado como es el Bajío, encontrando que el peso promedio de 100 semillas fue superior en 15 % al que se logró en este experimento, diferencia que puede ser mayor considerando que esta semilla se obtuvo en lotes con altas poblaciones, comparadas con el rango explorado en este experimento.

El hecho significativo de no encontrar diferencia estadística entre los rendimientos, al explorar niveles tan bajos en la densidad de siembra como 5 Kg/ha, da continuidad a los trabajos citados en la revisión de literatura (Fisher et al. 1974, Moreno 1974, Durón 1980), en donde el trigo fue indiferente al cambio de densidad hasta el nivel de 30 Kg/ha de semilla.

La explicación de la forma de como operó la compensación del rendimiento en las bajas poblaciones, se basa en el comportamiento de los componentes del rendimiento: número de espigas y número de granos por espiga; las mayores cantidades de espigas por metro lineal de surco, se encontraron en los tratamientos con alta población de plantas (Cuadro 5), producto de su mayor densidad de siembra, sin embargo las densidades bajas produjeron un mayor número de tallos por planta (Figura 4), que permitieron multiplicar el número de espigas por planta y aumentar así la cantidad de espigas por unidad de superficie, aunque no en la proporción que logran tener los tratamientos de mayor densidad. En este diferencial del número de



espigas, puede consistir la diferencia encontrada en los rendimientos experimentales de este estudio.

Por otro lado, en el número de granos por espiga, es decir tamaño de la espiga, radica la mayor compensación del rendimiento, ya que el tratamiento con 5 Kg/ha de semilla, produjo en promedio 43.7 granos por espiga (Cuadro 8), superando hasta en un 40 %, la cantidad de granos que obtuvieron las espigas de los tratamientos con mayor población de plantas. Esta variable resultó asociada significativa y positivamente en el análisis de correlación (Cuadro 11) con las variables: área foliar por planta y número de tallos por planta, indicando con esto que las plantas que logran formar una mayor estructura, son capaces de producir más granos, esto coincide con lo mencionado por Sebillote (1980), quien señala que el número de granos está estrechamente interrelacionado con la cantidad de materia seca de la paja (caña, hojas y órganos florales).

En general el comportamiento observado, concuerda con la teoría de la compensación de los componentes del rendimiento establecida por Grafius et al. (1976).

La variable días a espigamiento, mostró diferencias significativas en la duración de este período, encontrándose que el tratamiento de menor densidad (5 Kg/ha) ,alargó hasta en 5 días más, el momento de la aparición de espigas con respecto a los otros tratamientos, además esta variable resultó asociada positivamente con el número de tallos por planta. Moreno (1987), explica que este retardo ontogénico del trigo en surcos a bajas densidades de siembra, puede deberse a que una planta individualmente tiene que formar una mayor cantidad de aparato fotosintético, lo cual obviamente tarda más tiempo.

En lo referente a la adición de nitrógeno y fósforo, la no respuesta estadística a su aplicación, puede ser explicada en base a una serie de causas posiblemente complementarias :

- a) Condición inicial de fertilidad en el sitio experimental: de acuerdo al historial del terreno, este permaneció en descanso durante varios años anteriores al establecimiento del experimento, y el reporte del análisis de suelo (Cuadro 1A), indica que el contenido inicial de nitrógeno y fósforo se clasifican como medianos, por lo que en estos contenidos pudo haberse apoyado buena parte de la nutrición que

requería el trigo, minimizando así las diferencias esperadas por la adición de más fertilizante.

- b) **Función de respuesta diferencial por método de siembra:** Moreno (1987), observó que los rendimientos de trigo, fueron ligeramente superiores cuando se siembra en surcos en relación al método convencional, cuando la dosis de nitrógeno aplicada fue inferior a la óptima, sin embargo esta diferencia decrece conforme los requerimientos nutricionales se cumplan. Este hecho, parece indicar que las necesidades de fertilizante de un trigo en surcos, son menores y por lo tanto el diferencial de respuesta será reducido (curvas de respuesta con menor pendiente).
- c) **El genotipo utilizado en la siembra:** Galvez M-87, es un material genético originado en el Centro del País (Chapingo, Méx.-Roque Gto.), tanto para siembras de verano como de invierno, con características deseables (altura y amacollamiento) para la siembra en surcos, pero desde el punto de vista de su respuesta a la fertilización, pudiera no ser el genotipo ideal por su tendencia hacia ambientes más críticos, en comparación a los materiales generados en Sonora, México.
- d) **Eficiencia en el aprovechamiento del fertilizante:** La oportunidad de la aplicación total del fertilizante al tiempo del amacollamiento, pudo no ser la más indicada para su aprovechamiento por la planta, tanto para el caso del nitrógeno como del fósforo. Al respecto Laloux et al. (1980), señalan que lo más conveniente es aplicar el fósforo antes o al momento de la siembra y en el caso del nitrógeno aportar una pequeña cantidad al principio del amacollamiento y una mayor cantidad durante el crecimiento de los tallos. No se descarta tampoco, la actuación de alguno de los procesos que se citan en la literatura como causantes de pérdidas de nutrientes, tal es el caso de la volatilización de la urea. Otros factores relacionados con el manejo del cultivo, como la fecha de siembra subóptima y la presencia en bajo grado de maleza, pudieron afectar también el uso eficiente del fertilizante aplicado.

En base a los resultados sobre fertilización y considerando los antecedentes de investigación en la región, resulta importante realizar un esfuerzo mayor en materia de investigación sobre esta área de trabajo.

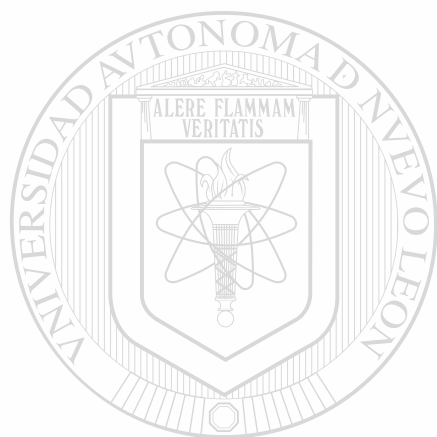
La baja en el rendimiento de grano que se observó en los tratamientos con menor población de plantas, aunque no significativa estadísticamente, sí permite apreciar una clara tendencia a mejorar el rendimiento a medida que se aumenta la densidad de siembra (Figuras 3 y 6) hasta 50 Kg/ha, como se explicó, esto pudo deberse por una parte a la fecha de siembra subóptima, que limitó la oportunidad de alcanzar un buen llenado del grano en los tratamientos de baja población, pero también esta tendencia puede ser debida a la insuficiente habilidad de las plantas en bajas poblaciones, para compensar debidamente la producción del número de granos por unidad de superficie. Las expectativas que resultan de esta situación, son en principio sugerir la realización de éste estudio en una fecha de siembra óptima, para delimitar plenamente el potencial de las siembras de trigo a bajas densidades de siembra y por otra parte, realizar el análisis económico de la información obtenida en este experimento, para aportar mayores elementos en su análisis.

En relación al análisis económico, Perrin et al. (1976), señalan que aún cuando no hay evidencia, de que las medias de los tratamientos son significativamente diferentes a un nivel generalmente de 5 %, es conveniente realizar su análisis económico, ya que los agricultores, pudieran estar dispuestos a aceptar una evidencia persuasiva menor, que la que ese nivel de probabilidad representa.

En los resultados del análisis económico del rendimiento de grano, realizados tanto por el método gráfico-estadístico, como por el método de evaluación económica, se obtuvo como tratamiento óptimo económico la combinación 80-60-50, ya que es el que produce mayor beneficio neto con una adecuada tasa de retorno al capital (49%), resultando por tanto una alternativa más rentable que la recomendación actual de 120-46-65, otros tratamientos que resultaron con ventaja económica fueron: 60-60-20 y 60-0-20.

Bajo la premisa de este estudio, la recomendación de modo general para los agricultores, de alguno de los tratamientos señalados como más rentables que el testigo, representa ya un avance en

la idea de optimizar la producción de trigo bajo riego, en la región de Gral. Terán, N. L., sin embargo si nos apegamos en forma estricta al resultado de considerar igualdad en los rendimientos, tendríamos que asociar la producción media del experimento con los niveles de insumos más bajos que se exploraron, en este caso 0-0-5, que resultaría en un mayor beneficio económico que cualquier otro tratamiento. Por lo tanto, no se debe soslayar el potencial que tendrían algunos productores de alto nivel tecnológico, para maximizar la rentabilidad del trigo si utilizaran, no el extremo de 5 Kg/ha, sino 15 ó 20 Kg/ha de semilla, para protegerse de riesgos por mal establecimiento de la siembra o clima adverso a esta alternativa tecnológica.



# UANL

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN



DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## **7.- CONCLUSIONES**

De los resultados obtenidos se derivan las siguientes conclusiones:

- 1) El rendimiento de grano de trigo en surcos, no se afectó estadísticamente al reducir los niveles de aplicación de nitrógeno, fósforo y densidad de siembra actualmente sugeridos para este método de siembra. El efecto principal de la densidad de siembra tuvo influencia significativa sobre el rendimiento y algunas características agronómicas del trigo.
- 2) La producción más alta se logró con el tratamiento 80-60-50, siendo de 3,855 Kg/ha y el más bajo en rendimiento fue el tratamiento 60-30-5 con 3,332 Kg/ha. La fecha de siembra subóptima y altas temperaturas durante el período de llenado de grano, limitaron el rendimiento principalmente de los tratamientos con baja población.
- 3) La compensación del rendimiento en los tratamientos con baja población, se logró mediante un aumento en el número de granos por espiga y el incremento en el número de espigas por planta, producto de un mayor amacollamiento. El componente de rendimiento peso de semilla, no se modificó por efecto de los tratamientos.
- 4) El período a espigamiento y el área foliar por planta se incrementan con la baja de población en trigo.
- 5) El efecto de la aplicación de nitrógeno y fósforo fue mínimo, como explicación a esto se señalan las siguientes causas: (a) buena condición inicial de fertilidad en el sitio experimental, (b) menor requerimiento de fertilizante en el método de siembra en surcos (c) genotipo con tendencia para ambientes críticos y (d) aprovechamiento reducido por las prácticas agrícolas: oportunidad de la aplicación, fuente de nutrientes, fecha de siembra y presencia de maleza.
- 6) El análisis económico, señala como tratamiento óptimo económico a la combinación 80-60-50, ya que produce el mayor beneficio neto con una tasa de retorno al capital de 49 %. Otros tratamientos que resultan con ventaja económica sobre el testigo son: 60-60-20 y 60-0-20.

- 7) **Productores de alto nivel tecnológico podrían maximizar la rentabilidad del trigo en surcos utilizando 20 Kg/ha de semilla.**

**Recomendaciones :**

- 1) **Para agricultores con circunstancias similares a las de este experimento, se puede sugerir de modo general el tratamiento: 80-60-50, productores de alto nivel tecnológico pueden reducir la cantidad de semilla a 20 Kg/ha.**
- 2) **Delimitar el potencial del trigo en surcos con bajas densidades de población en fecha de siembra óptima.**
- 3) **Realizar un esfuerzo mayor en los trabajos de investigación para efficientar el uso de fertilizantes.**



**UANL**

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



## **8.- RESUMEN**

En General Terán, N. L., se sembró durante el ciclo de invierno 1989-90 un experimento de trigo en surcos bajo riego, con el objetivo de abaratar el costo de producción, mediante la reducción de los niveles de densidad de siembra, nitrógeno y fósforo que actualmente se sugieren para esta metodología de siembra.

Se compararon 16 tratamientos, 14 de ellos seleccionados a partir de la matriz Plan Puebla I para tres factores, los otros dos fueron considerados como testigos (niveles mínimos y máximos de fertilizante). Los niveles para los factores estudiados fueron: (1) nitrógeno: 0-40-60-80-100-120, (2) fósforo: 0-30-46-60-90 y (3) densidad de siembra: 5-20-35-50-65 Kg/ha. Se utilizó el diseño bloques al azar con cuatro repeticiones. La siembra se realizó el 14 de diciembre, con sembradora-mecánica, modificada para distribuir la semilla en doble hilera, separadas a 20 cm y ancho entre surcos de 80 cm. El fertilizante se aplicó en una sola oportunidad en la etapa de amacollamiento de la planta. La variedad de trigo utilizada fue Galvez M-87.

Los resultados indicaron que el rendimiento de grano no fue afectado estadísticamente por los tratamientos evaluados, sin embargo, se observaron tendencias de reducción del rendimiento, debidas principalmente al factor densidad de siembra, el cual tuvo marcada influencia sobre los componentes del rendimiento: número de espigas y número de granos por espiga, pero no así sobre el peso de las semillas, variable que resultó afectada por la fecha de siembra subóptima y altas temperaturas en la etapa de postfloración.

Mediante el análisis económico se detectó como tratamiento óptimo económico: 80-60-50, el cual superó el beneficio que se logra con los tratamientos testigo. Productores de alto nivel tecnológico podrían reducir la cantidad de semilla hasta 20 Kg/ha.

## **9.- LITERATURA CITADA**

**Adame, B. E. 1986. Evaluación de métodos y densidades de siembra en trigo en la zona centro de Nuevo León, ciclo 85-86. Informe de investigación, Archivo CEGET-CIFAP-N.L. INIFAP. Campo Agrícola Experimental General Terán, N. L. Méx.**

**Adams, M. W. 1967. Basis of yield component compensations In crop plants with special reference to the field bean. Crop Sci. 7: 505-510.**

**----- and J. E. Grafius 1971. Yield compnent compensa-  
tion, Alternative interpretations. Crop Sci. 11: 33-35**

**Aguilar, M. I. 1985. Efecto de la competencia entre plantas sobre el rendimiento y sus componentes en frijol variedad Michoacan 12. Tesis de Maestro en Ciencias. C. P. SARH, Chapingo, México.**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Alcántara, T. A. 1983. Dósis de fertilización nitrogenada bajo diferentes densidades de siembra en el cultivo de trigo sembrado en surcos. Tesis Profesional, FAUANL. Marín, N. L.**

**Anaya, G. M. 1965. Estudio preliminar de fertilización del cultivo de trigo en suelos representativos de la Comarca Lagunera para determinar las mejores prácticas de fertilización. Tesis profesional. ENA, Chapingo México.**

- Arvizu, Z. y Laird R. J. 1958. Fertilización del trigo en el Valle del Yaqui. Folleto Técnico No. 26. Oficina de Estudios Especiales, SAG, México.
- Aveldaño, R. y Volke H. V. 1980. Comparación de cuatro métodos para estimar dosis óptimas, económicas de fertilizantes y densidad de población. Agricultura Técnica en México, Vol. 6 No. 2 : 107-128
- Castro, Z. R. 1978. La eficiencia de la urea con respecto al sulfato y nitrato de amonio en maíz de temporal. Tesis de Maestro en Ciencias. C. P. Chapingo, México.
- D'Amico, B.A. 1972. Estudio empírico de la contribución de algunos modelos y matrices experimentales sobre el sesgo al aproximar superficie de respuesta con dos factores. Tesis de Maestro en Ciencias. C. P. Chapingo, México.
- 
- Durón, N. J. 1981. Evaluación de 4 sistemas de siembra y 5 densidades de semilla en trigo. Avance de Investigación, Publicación CIANO No. 9. SARH-INIA CIANO. Cd. Obregón, Sonora, México.
- Eck, H. V. and Stewart B. A. 1954. Wheat fertilization studies in western Oklahoma. Bul B-432 Okla, Agric. Exp. Sta.
- Echegaray, A. A. 1962. Movimiento y nitrificación de fertilizantes nitrogenados en algunos suelos de México. Tesis de Maestro en Ciencias. C.P. Chapingo, México.

Enriquez, R. S. 1975. Mecanismos de Adsorción en el suelo. Adsorción de P por suelos de la Comarca Lagunera. Seminarios Técnicos del CIANE. Vol. 11 No. 20 . CIANE-INIA-SAG. Torreón, Coah, México.

Escareño, R. C. 1971. Efecto de varios niveles de fertilización nitrogenada y fosfórica en el cultivo del trigo en la zona de Gral. Terán, N. L. Tesis Profesional. FAUANL Monterrey, N. L.

Fisher, R. A. et al. 1975 Dessity and row spacing effects on irrigated short wheats at low latitude. CIMMYT, México, D.F.

Gómez, M. V. 1975. Diseños Experimentales. Copias de clase. Colegio de Postgrado, FAUANL. Marín, N. L.

González, L. M. 1984. Evaluación de 2 metodos de siembra y 4 densidades de siembra en cebada, suelo pesado, ciclo 83-84. Informe de Investigación Mex-Ceb. 83/84-12. CAEMEXI-CIANO-INIFAP-SARH. Mexicali, B.C. México.

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

Grafius, J. E., R. L. Thomas, and J. Bernard 1976. Effects of parental component complementation on yield and component for yield in barley. Crop Sci. 16: 673-677.

Hinojosa, Q. M. 1981. Prueba de diferentes niveles de fertilización de nitrógeno y fósforo con diferentes densidades de siembra en el cultivo de trigo en Gral. Bravo, N. L. Tesis Profesional. FAUANL Marín, N. L.

Hobbs, J. A. 1953. The effect of spring nitrogen fertilization on characteristics of winter wheat. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 17: 39-42.

Ibarra, R. M. 1985. Comparación de metodos de siembra de trigo en temporal. Informe de Investigación. Archivo Técnico. CEGET-CIFAP-NL-INIFAP. Gral. Terán, N. L. México.

- - - - - y García C. J. 1985. Los sistemas de producción agrícola en la región citrícola de Nuevo León. Informe de Investigación. Archivo Técnico. CEGET-CIFAP-NL, INIFAP Gral. Terán, N.L., México.

Kreizinger, H.P. and Tucker T. C. 1962. The influence of nitrogen, phosphorus and potash fertilization on the yield of wheat. Crops Report No. 1 University of Arizona, College of Agriculture.

Laird, R. J. et al 1959. Manejo de los residuos de las cosechas en una rotación de maíz y trigo en el Bajío. Folleto Técnico No. 37. Oficina de Estudios Especiales, SAG. México.

Laloux R., Falisse A and Poelaert J. 1980. Wheat, Document a CIBA-GEIGY. Nutrition and fertilization of wheat. Pag. 19-24. CIBA-GEIGY, Ltd. Basle, Switzerland.

Luna S. F., Ibarra R. M. y De Alejandro F. 1989. Siembra de trigo en surcos, Publicación Especial; DDR Montemorelos SARH. Montemorelos, N. L., México.

**Martínez de L. J. 1980. Guía para cultivar trigo en el norte de Nuevo León y noreste de Tamaulipas. Circular CIAGON No. 3 INIA-SARH. Anáhuac, N. L., México.**

**Martínez S. et al, 1983. Guía para producir trigo en el sur de Sonora. Folleto para productores No. 8. CIANO-INIFAP-SARH. Cd. Obregón, Sonora, México.**

**Mendoza, M. S. 1979. Rendimiento de cultivos y necesidades de información técnica de ejidatarios, colonos y pequeños propietarios del Valle del Yaqui. Tesis Maestro en Ciencias C.P. SARH. Chapingo, Méx.**

**Mendoza, M F. 1989. Eficiencia de utilización de fertilizante en diferentes tipos de suelo. Seminarios Técnicos del CIANE- Vol. 6 No. 22. CIANE-INIFAP-SARH Torreón, Coah. México.**

**Monsivais, L. R. 1989. Evaluación de la fertilización nitrogenada y fosforada en el cultivo del trigo bajo riego en Marín, N. L. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N. L.**

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS

**Moreno, R. O. 1975. El rendimiento de trigo en función de la densidad de siembra, bajo el método de surcos. Informe de Investigación. Yaq-Pro 79/80. CAEVY-CIANO-INIFAP-SARH. Cd. Obregón, Sonora, México.**

**- - - - - 1982. La siembra de trigo en surcos. Publicación especial CIANO No. 35. CAEVY-CIANO-INIFAP-SARH. Cd. Obregón, Sonora, México.**



- - - - - 1987. Tecnología para la producción de trigo, con énfasis en los sistemas de siembra en surcos, Publicación especial. CAEVY-CIANO-INIFAP-SARH. Cd. Obregón, Sonora, México.

Oria, R. P. 1975. Efecto de la fertilización nitrogenada y fosfatada en el cultivo de trigo de riego en el ejido el pinto, Municipio de Hualahuises, N. L. Tesis Profesional. FAUANL Monterrey, N. L., México.

Ortiz, V. B. 1977. Fertilidad de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

Perrin, K. R. et al 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos : Un manual metodológico de evaluación económica. Folleto No. 27 CIMMYT México, D. F.

Quihuis, H. R. 1981. Respuesta de trigo y triticale a calendarios de riego y metodos de siembra- Tesis Profesional. UABC. Mexicali B. C., México.

Salazar, G. R. 1980. La interacción variedad por metodo y fecha de siembra en trigo. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México.

- - - - - , Moreno R. O. y Camacho C. M. 1981. Variedad y método de siembra de tres cereales en relación a su productividad. Informe de Investigación. Yaq-Tr, 80/81-11 CAEVY-CIANO-INIFAP-SARH. Cd. Obregón, Sonora, México.

Sánchez, A. E. 1989. Dinámica de urea y sulfato de amonio en suelos calcáreos del estado de Nuevo León. Tesis de Maestro en Ciencias. C.P. Chapingo, México.

Sucedo, M. E. 1985. Efectos de diferentes niveles de fertilización en el cultivo del trigo en el municipio de Cadereyta Jimenez, N. L. Tesis Profesional. FAUANL. Marín, N. L.

Sebillote, M. 1980. A new method for diagnosis the yield in wheat. Documenta Ciba-Gaigy Basle, Switzerland.

Tisdale, S. L. y W. L. Nelson, 1970. Fertilidad de lo suelos y fertilizantes. Editores Montaner y Simon. Barcelona, España.

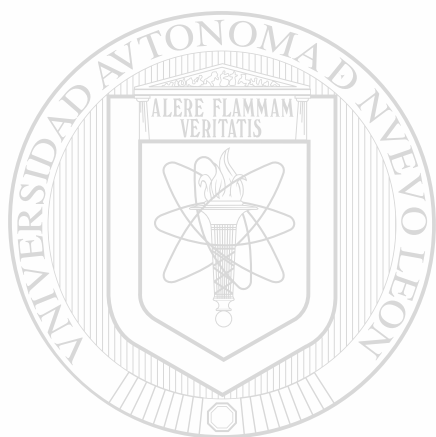
Torres, B. M. y Ortega, T. E. 1969. Fertilización del trigo en el Valle del Mayo. Folleto Técnico No. 54. INIA-SAG. México.

Turrent, F. A. y Laird, R. J. 1975. La matriz experimental Plan Puebla, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. Folleto No. 1 Rama de Suelos C.P. Chapingo, México.

----- 1978. Evidencia sobre la necesidad de desarrollar una investigación tecnológica multifactorial integrada para la agricultura de temporal. Folleto No. 4. Rama de Suelos. C.P. Chapingo, México.

----- 1978. El método gráfico-estadístico para la interpretación de experimentos conducidos con la matriz Plan Puebla I. Folleto No. 5. Rama de Suelos. C.P. Chapingo, México.

**Zamudio, G. B.1984. Predicción del movimiento de nitratos en suelos labrados. Tesis de Maestro en Ciencias. C. P. Chapingo, México.**



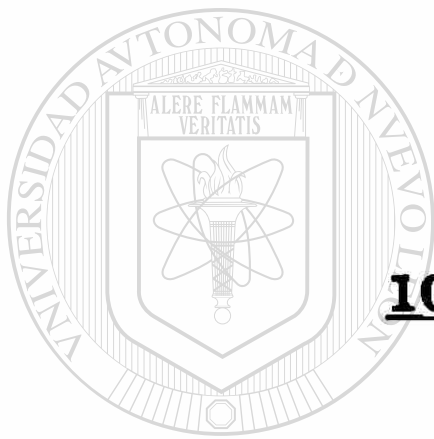
UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS



**10.**

**APENDICE**

UANL

---

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

®

DIRECCIÓN GENERAL DE BIBLIOTECAS





NÚMERO DE CONTROL	90080	90081	90082	90083
PH PASTA SATURA	7.75	7.70	7.80	7.80
C.E. X 10 <sup>3</sup> mmhos/cm	0.98	0.90	1.08	0.95
CALCIO meq/L	7.4	5.8	7.2	5.8
MAGNESIO meq/L	1.6	2.0	2.6	2.8
SODIO meq/L	0.8	1.2	1.0	0.9
POTASIO meq/L				
SUMA DE CATIONES meq/L				
CARBONATOS meq/L	0.4	0.4	0.4	0.4
BICARBONATOS meq/L	2.8	3.2	3.0	3.2
CLORUROS meq/L	3.5	3.0	3.0	2.5
SULFATOS meq/L	3.1	2.4	4.4	3.4
NITRATOS meq/L				
SUMA DE ANIONES meq/L				
SATURACION %				
R.A.S.	0.53	0.86	0.64	0.61
P.S.I. %	0.01	0.00	0.00	0.00
CLASIFICACION	N	N	N	N
NECESIDAD DE YESO meq/L				

OBSERVACIONES: N= No Salino, No Sódico, (C.F. menor de 4 y P.S.I. menor de 15)



**Cuadro 2A. Análisis de varianza de la regresión del rendimiento de grano en relación a la interacción fósforo-densidad (General, Terán, N. L.) 1989-90.**

FUENTE	G.L.	S.C.	C.M.	F.CAL.	SIGNIF.
Bloques	3	840527			
Tratamientos	15	1032055			
- Reg. (PD)	1	744543	744543	12.80	**
- Desv. Reg.	14	287512	20536	0.35	NS
Error	45	2616615	58147		
Total	63	4489197			

$r^2 = .1658$

**Cuadro 3A. Valor de los insumos y del producto en la zona centro de Nuevo León, durante el ciclo 1989-90.**

**a) Urea : 46% de Nitrógeno**

Costo directo \$ 309,500/ton - - - - -	\$ 672.8	Kg de N
Costo de flete \$ 25,000/ton - - - - -	54.3	"
Costo de aplicación \$ 30,000/ton - - - - -	65.2	"
Costo global por kg de nitrógeno- - - - -	<u>\$ 792.3</u>	

**b) Super fosfato triple: 46% de fósforo**

Costo directo \$ 419,000/ton - - - - -	\$ 911.9	Kg de F
Costo de flete \$ 25,000/ton - - - - -	54.3	"
Costo de aplicación \$ 30,000/ton - - - - -	65.2	"
Costo global por Kg de fósforo- - - - -	<u>\$ 1,031.4</u>	

**c) Semilla :**

Costo de semilla \$ 1,200/kg - - - - -	\$ 1,200	Kg de S
Costo de flete \$ 25,000/ton - - - - -	25.0	"
Costo de siembra de 1 kg de semilla - - - - -	46.0	"
Costo global por Kg de siembra - - - - -	<u>\$ 1,271.0</u>	

**d) Valor de un kg de trigo descontado**

Valor de una ton de trigo - - - - -	\$ 484,000.0
Costo de cosecha/ton - - - - -	40,000.0
Costo de transporte/ton - - - - -	25,000
Costo de un kg de trigo descontado - - - - -	<u>\$ 419.0</u>

