

# Universidad de Guadalajara

ESCUELA DE AGRICULTURA

EFFECTO DE LA FERTILIZACION SOBRE EL RENDIMIENTO DE  
GRANO Y ALGUNAS CARACTERISTICAS DEL CULTIVO DE GIRASOL  
(*Helianthus annuus*) EN EL VALLE DE GUADALAJARA

T E S I S

Que como requisito parcial para  
obtener el título profesional de

INGENIERO AGRONOMO

ORIENTACION FITOTECNIA

p r e s e n t a

José Francisco Villalpando Ibarra

DEDICATORIA

A mis padres, por sus consejos y confianza  
que siempre han tenido para mí.

A mis hermanos, con un especial agradecimiento

A mis maestros, por su ejemplo

A mi Escuela

## AGRADECIMIENTO

Mi sincero agradecimiento para las siguientes personas:

Ing. Gustavo Cortés Godínez, por sus consejos, dirección y ayuda durante mi carrera profesional.

Ing. Jorge E. Alarcón C., por la proposición y planeación de esta Tesis.

Dr. Roberto Núñez Escobar, por las sugerencias y revisión de esta Tesis.

A todas aquellas personas, que directa o indirectamente colaboraron en la realización de este trabajo.

## CONTENIDO

	<u>Página</u>
Dedicatoria	I
Agradecimientos	II
Indice del contenido	III
Indice de cuadros	VII
Indice de figuras	IX
Indice del apéndice	X
I. INTRODUCCION	1
1. - Importancia del estudio	1
2. - Objetivos del estudio	2
3. - Limitaciones del estudio	2
II. REVISION DE LITERATURA	3
III. MATERIALES Y METODOS	8
Situación geográfica y características climáticas del sitio experimental	8
Características de los suelos	9
Trabajos de gabinete	11
Trabajos de campo	13
1. - Diseño experimental y tratamientos	13
2. - Antecedentes del terreno	16
3. - Preparación del terreno	17

	<u>Página</u>
4. - Establecimiento del experimento	17
5. - Fertilización y siembra del lote experimental	17
6. - Observaciones de campo	18
7. - Cosecha del experimento	21
8. - Mediciones efectuadas	21
8.1. Altura de plantas	21
8.2. Número de plantas quebradas	22
8.3. Rendimiento de grano por hectárea	22
8.4. Rendimiento de materia seca por hectárea	22
8.5. Peso hectolítrico del grano	22
8.6. Porcentaje de aceite en el grano	23
9. - Análisis estadístico	23
 IV RESULTADOS Y DISCUSION	 25
1. - Altura final de plantas	25
a) Efecto del nitrógeno	25
b) Efecto del fósforo	28
c) Efecto del potasio	28
2. - Número de plantas quebradas	28
a) Efecto del nitrógeno	30
b) Efecto del fósforo y potasio	30
3. - Rendimiento de grano	30
a) Efecto del nitrógeno	33

	<u>Página</u>
b) Efecto del fósforo y potasio	35
4. - Producción de materia seca	35
5. - Peso hectolítrico	37
a) Efecto del nitrógeno	37
b) Efecto del fósforo y potasio	37
6. - Porcentaje de aceite	41

METODOLOGIA Y CONCEPTOS EMPLEADOS EN ESTE ESTUDIO PARA LA DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA, A PARTIR DE LA ECUACION DE REGRESION MULTIPLE, DEL RENDIMIENTO DE GRANO.	41
--	----

### Alternativas

A). - Cálculo de la dosis óptima económica a partir de sulfato de amonio, considerando que la cosecha se hace en forma manual.	42
B). - Cálculo de la dosis óptima económica a partir de sulfato de amonio, considerando que la cosecha se hace en forma mecanizada.	44
C). - Cálculo de la dosis óptima económica a partir de nitrato de amonio, considerando que la cosecha se hace en forma manual.	46
D). - Cálculo de la dosis óptima económica a partir de nitrato de amonio, considerando que la cosecha se hace en forma mecanizada.	47

VI

Página

PROCEDIMIENTO SEGUIDO PARA CALCULAR LA UTILIDAD QUE SE OBTENDRIA, APLICANDO LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA DE FERTILIZANTE,	49
V. CONCLUSIONES	51
VI. RESUMEN	53
VII. BIBLIOGRAFIA	56
VIII. APENDICE	59

## INDICE DE CUADROS

	<u>Página</u>
Cuadro 1. Algunas propiedades físicas y químicas del suelo donde se estableció el lote experimental de fertilización en girasol, durante el ciclo agrícola 1971.	12
Cuadro 2. Altura final de plantas de girasol, expresada en cm y análisis de varianza del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.	26
Cuadro 3. Número de plantas quebradas de girasol por parcela de 24 m <sup>2</sup> y análisis de varianza del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.	29
Cuadro 4. Rendimientos parcelarios de grano de girasol, expresados en ton/ha y análisis de varianza del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.	32
Cuadro 5. Rendimiento de materia seca de girasol, expresada en ton/ha y análisis de varianza del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.	36
Cuadro 6. Peso hectolítrico del grano de girasol expre	

sado en kg/hl y análisis de varianza del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.	38
CUADRO 7. Porcentaje de aceite del grano de girasol y análisis de varianza del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.	40

## INDICE DE FIGURAS

	<u>Página</u>
Figura 1. Efecto del nitrógeno sobre la altura final de plantas de girasol, en presencia de cinco niveles de fósforo, en el lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.	27
Figura 2. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el % de plantas quebradas de girasol, en el lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.	31
Figura 3. Función de respuesta mostrando el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de grano de girasol, en el lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.	34
Figura 4. Efecto del nitrógeno sobre el peso hectolitrico del grano de girasol, en el lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.	39

## INDICE DEL APENDICE

Página

Cuadro 1A.	Datos promedio sobre: floración, madurez fisiológica, número de plantas acamadas, achaparradas y con pudrición del tallo, por parcela de 24 m <sup>2</sup> ; en el lote experimental de fertilización en girasol, establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.	60
Cuadro 2A.	Análisis de covarianza para los datos de rendimiento de grano de girasol, a nivel parcelario, expresado en kg/ha y análisis de varianza del lote experimental ajustado por covarianza.	61
Cuadro 3A.	Número promedio de plantas de girasol, rendimientos medios sin corregir y rendimientos medios corregidos, expresados en ton/ha; para cada uno de los tratamientos estudiados.	62
Cuadro 4A.	Procedimiento y cálculos seguidos para probar la significancia del coeficiente de regresión (0.0451) mediante la prueba de <u>t</u> .	63
Cuadro 5A.	Precipitaciones y temperaturas medias mensuales para Zapopan, Jal.	64

Página

Figura 1A.	Comparación entre la precipitación media mensual, promedio de 12 años y la del año del estudio, en el periodo de junio a octubre en Zapopan, Jal.	65
Figura 2A.	Comparación entre las temperaturas medias mensuales, promedio de 5 años y las del año del estudio, en el periodo de junio a octubre en Zapopan, Jal.	66
Figura 3A.	Distribución de parcelas y tratamientos en el lote experimental de fertilización en <u>girasol</u> , establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.	67

## I. INTRODUCCION

### 1. - Importancia del estudio.

El cultivo del girasol, (Helianthus annus L.), de reciente introducción al país, por medio de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, es prometedor debido principalmente a dos motivos: el primero de ellos es aprovechar grandes extensiones de tierra que existen en el país, en donde el factor limitante de la producción agrícola es la escasa precipitación pluvial, y donde el girasol debido a su poca demanda de agua, tiene grandes perspectivas. El segundo motivo es la fuerte demanda que por oleaginosas existe en México.

Para dar una idea de la gran demanda que existe actualmente, por los cultivos de oleaginosas, por parte de las industrias aceiteras en el Estado de Jalisco, se pueden mencionar los siguientes datos: <sup>1</sup>La demanda actual de oleaginosas, para que las industrias trabajen a su máxima capacidad, es de 400,000 ton anuales. En el Estado la producción total anual es de solo 40,000 ton; o sea, solo se cubre en un 10% la demanda; en otras palabras, existe un déficit de 1000 ton diarias, que tienen que traerse de otros lugares aumentando los costos de la materia prima.

---

<sup>1</sup> Cámara Regional de Aceites, Grasas y Derivados del Estado de Jalisco.

## 2. - Objetivos del estudio.

Los objetivos principales fueron:

- a) Observar la respuesta del girasol hacia la aplicación de diferentes dosis de los nutrimentos Nitrógeno, Fósforo y Potasio bajo condiciones específicas de suelo y clima del lugar de estudio.
- b) En una forma preliminar, determinar la dosis más adecuada de fertilizante que produzca los mejores rendimientos.

## 3. - Limitaciones del estudio.

Debido a que cada día en el país, se incrementa más la superficie dedicada al cultivo del girasol, es necesario tener la información agronómica suficiente para ir supliendo esa necesidad que cada día va en aumento.

En el presente estudio, aunque solo se hicieron observaciones en un experimento, se espera que la información obtenida proporcione orientación en la planeación de trabajos posteriores.

## II REVISION DE LITERATURA

La literatura que existe actualmente en México sobre trabajos de fertilización en girasol, es muy escasa, debido a que es un cultivo de introducción muy reciente a la agricultura nacional. Entre las pocas referencias bibliográficas encontradas, las más íntimamente relacionadas al presente estudio se citan a continuación:

Robinson y otros (22), durante los años de 1947-48 y 1966, en la localidad de Crookston, Minnesota, establecieron experimentos con fertilizantes en el cultivo del girasol, para observar el efecto de éstos sobre el rendimiento de grano. En la primera fecha (1947-48), se obtuvieron rendimientos medios de grano, de 1282 lb/acre en parcelas sin fertilizar; mientras que con la aplicación de 40 lb de  $P_2O_5$  y 40 lb de  $K_2O$  por acre, se aumentaron los rendimientos a 1759 lb/acre. Para la segunda fecha (1966), se obtuvieron rendimientos de 1397 lb/acre en parcelas sin fertilizante; mientras que, con la aplicación del tratamiento 40-80-0, se aumentó el rendimiento a 1690 lb/acre.

Alarcón Cejudo (1), durante el año de 1971 llevó a cabo tres experimentos de fertilización en girasol en el Estado de Tlaxcala, obteniendo los siguientes resultados: en los tres encontró respuesta a las aplicaciones de nitrógeno; en dos de ellos encontró respuesta a las aplicaciones de fósforo; y en ninguno a las aplicaciones de potasio. En dos de los lotes experimentales se obtuvieron rendimientos de 319 y 148 kg/ha sin fertilización alguna.

Al efectuarse las aplicaciones de N (40 kg/ha) y  $P_2O_5$  (30 kg/ha), se elevaron los rendimientos hasta 556 y 370 kg/ha respectivamente. Cantidades mayores de ambos nutrimentos ya no produjeron incrementos significativos. Los bajos rendimientos se atribuyen probablemente al bajo porcentaje de polinización, debido a la falta de insectos polinizadores.

El Departamento de Oleaginosas del CIAPY (10), el año de 1967 llevó a cabo dos experimentos de fertilización en girasol, con 10 tratamientos de fertilizante, utilizando la variedad Peredovik. Estos experimentos quedaron situados en dos tipos diferentes de suelo: K'ankab y Ak'alché. Para el primero, los rendimientos medios de grano, sin la aplicación de fertilizantes, fueron de 535 kg/ha; con la aplicación de 40 kg de N/ha y 80 kg de  $P_2O_5$ /ha, se elevaron los rendimientos a 1222 kg/ha. Para el segundo tipo de suelo, el rendimiento medio obtenido de grano sin la aplicación de fertilizantes fue de 621 kg/ha, mientras que con la aplicación del mismo tratamiento anterior (40-80-0), se aumentaron los rendimientos de grano hasta 1345 kg/ha.

Massey (15), en la Estación Agrícola Experimental de Georgia, durante los años de 1968-1969, condujo una investigación consistente en observar los efectos de la dosis de nitrógeno y el espaciamiento entre plantas, sobre el rendimiento de grano de girasol y otras características. Las dosis de nitrógeno usadas fueron: 0, 56, 112 y 168 kg/ha y los espaciamientos

tos fueron de 15, 30 y 46 cm; entre plantas, en surcos de 110 cm; éstos dan una densidad de población aproximada de 60, 000, 30, 000 y 20, 000 plantas/ha respectivamente. El efecto de las dosis de nitrógeno sobre el rendimiento de grano de girasol y otras características se presentan a continuación:

Dosis N (kg/ha)	Rendimiento (kg/ha)	Rend./capítulo (g)	Altura plantas (cm)
0	1572 a*	47.5 a	171 a
56	2225 b	65.2 b	182 b
112	2387 b	69.5 b	185 b
168	2365 b	70.8 b	186 b

\* Promedios seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan.

Como se observa con la aplicación de 56 kg/ha de nitrógeno, se incrementó el rendimiento de grano en 653 kg/ha.

Los efectos del espaciamiento de plantas y el rendimiento de grano de girasol, se presentan a continuación:

Dist. entre plantas (cm)	Rendimiento (kg/ha)	Rend. / capítulo (g)
15	2839 a*	46.3 a
30	1907 b	62.0 b
46	1667 c	81.5 c

\* Promedios seguidos de diferente letra son significativamente diferentes de acuerdo a la Prueba de Duncan.

Como se observa, los rendimientos mayores se obtienen con la distancia entre plantas de 15 cm; pero en cambio el rendimiento por planta (capítulo) es mayor en las plantas separadas a 46 cm.

Robinson (21), los años de 1967, 1968 y 1969 en Rosemount, Minnesota, llevó a cabo una investigación consistente en determinar la mejor época de siembra para girasol, y además determinar su composición química en varios estados de crecimiento. Se probaron durante estos tres años, seis diferentes fechas de siembra, comprendidas éstas, desde abril 24 a junio 28; se usaron seis variedades de girasol: Mingren, 66VI, Krasnodarets, Armavirec, Peredovik y Arrowhead. El efecto de la fecha de siembra sobre el rendimiento y algunas características agronómicas, tomadas de las seis variedades de girasol, se presentan a continuación:

### III MATERIALES Y METODOS

#### Situación geográfica y características climáticas del sitio experimental.

El presente estudio sobre fertilización en girasol se desarrolló durante el verano de 1971 en el Campo Agrícola Experimental de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara, el cual está ubicado dentro del Valle de Guadalajara, teniendo por coordenadas el paralelo  $20^{\circ} 43'$  de latitud norte y el meridiano  $103^{\circ} 23'$  de longitud oeste. Su elevación sobre el nivel del mar es de 1700 m (19).

Según la clasificación de Thornthwaite modificada por Contreras Arias (19) el Valle de Guadalajara tiene un clima C (oip) B'1 (a') que significa: C = SEMI-SECO, (oip) = con otoño, invierno y primavera secos, B'1 = SEMI-CALIDO, (a') = sin cambio térmico invernal bien definido.

La precipitación media anual de los últimos 12 años para el municipio de Zapopan, Jal., ha sido de 906.1 mm registrándose el 92% en los meses de junio a octubre. La precipitación mínima ha sido de 409 mm y fue registrada el año de 1957. La precipitación máxima ocurrió el año de 1958 y se registraron 1419.2 mm.

La temperatura media anual de los últimos 5 años para el municipio de Zapopan, Jal., ha sido de  $23.5^{\circ}$  C.

Los vientos durante el ciclo vegetativo de los cultivos (junio-octubre) alcanzan una velocidad media mensual de 8 km/hora. Durante los meses de

agosto y septiembre, estadísticamente ocurren de 2 a 3 tempestades, ocasionando el acame a algunos cultivos.

Estadísticamente también, ocurren de 1 a 2 granizadas fuertes por año, durante los meses de julio y agosto (19).

En el cuadro 5A del apéndice se presentan los valores medios mensuales de precipitación y temperatura registrados en los últimos 12 y 5 años respectivamente.

En la figura 1A del apéndice, se presentan en forma gráfica los valores medios de precipitación, para los meses de junio a octubre haciendo una comparación con los ocurridos durante el año del estudio.

En la figura 2A del apéndice, se presentan también en forma gráfica los valores medios de temperatura para los meses de junio a octubre haciendo una comparación con los ocurridos durante el año de estudio.

#### Características de los suelos

La palabra Jalisco, se deriva de Xali que en la lengua Azteca significa arena, y que fue seguramente escogida como nombre de esta Entidad por la condición arenosa de los terrenos que forman el Valle de Guadalajara y sus alrededores.

De Xali se originó Jal que es el nombre que se aplica hasta la fecha a una toba de pómez que constituye el material de origen de estos suelos.

El material madre del que se derivan, tiene su origen en emisiones del

Volcán del Colli y está constituido por pequeñas bombas, lapilli, arenas y cenizas de carácter pomoso, habiéndose depositado el más grueso al oeste del Valle en las áreas cercanas al volcán y las arenas y cenizas en las zonas más alejadas.

La característica más notable de estos suelos es su capacidad de retener un alto contenido de humedad no obstante que en la mayoría de los casos presentan texturas muy gruesas, de arena o de migajones arenosos. Esto se debe a la gran cantidad de poros que contiene la pómez sobre la cual descansan los suelos y de la cual se han originado, ya que cada partícula de arena es en sí como una pequeña esponja que conserva el mismo carácter poroso de la toba.

La humedad que llena los poros de las arenas, puede ser aprovechada muy fácilmente por las plantas, ya que es en gran parte un agua libre no sujeta a tensión por las partículas del suelo. Además, como gran parte de los huecos no se saturan totalmente, esta porción seca es capaz de contener un abundante espacio poroso muy propicio para una buena aireación radicular.

Todos los suelos del Valle presentan una reacción que va de ligeramente ácida a ácida (pH 6.5 a 5.4); son muy pobres en materia orgánica, siendo su contenido generalmente menor del 2 por ciento; son extraordinariamente ricos en potasio y pobres en nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio.

### Trabajos de Gabinete

En el lote experimental se tomaron muestras de suelo a las profundidades de 0-30 y 30-60 cm, las cuales fueron secadas al aire, tamizadas en mallas de 2 mm y # 20, para análisis físicos y químicos respectivamente, y analizadas en el laboratorio de Servicio de la Rama de Suelos del Colegio de Postgraduados, Chapingo, Méx.

Se practicaron en las muestras de suelo las siguientes determinaciones:

1. - Reacción del suelo (pH). - Se determinó en una relación suelo: agua de 1:2, empleando un potenciómetro Beckman Zeromatic 2, con electrodos de vidrio y calomel.
2. - Determinación de textura. - Se efectuó por medio del hidrómetro de Bouyoucos modificado (3).
3. - Conductividad eléctrica. - Conductimétricamente en el extracto de saturación, de acuerdo con el método descrito en el Manual 60 del Depto. de Agricultura de E. U. A. (20).
4. - Contenido de materia orgánica. - Se utilizó el método de combustión húmeda de Walkley y Black, modificado por Walkley (24).
5. - Nitrógeno total. - Se determinó por el método de Kjeldahl modificado por Gunning (16).
6. - Contenido de fósforo asimilable. - Se determinó por el método de Bray P<sub>1</sub> (11).

7. - Contenido de potasio, calcio y magnesio asimilables. - Por el método de extracción de Peech-Morgan (11).

Los resultados obtenidos de estas determinaciones se representan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. - Algunas propiedades físicas y químicas del suelo donde se estableció el lote experimental de fertilización en girasol, durante el ciclo agrícola 1971.

Determinación	Profundidad ( cm ):	
	0-30	30-60
arena %	56	36
Textura: limo %	30	46
arcilla %	14	21
Clasificación textural	Migajón arenoso	Franco
Reacción (pH)	6.00	6.45
Conductividad eléctrica (mmhos/cm a 25° C)	0.04	0.05
Materia Orgánica	0.88	0.44
Nitrógeno total %	0.05	0.02
Fósforo asimilable (kg/ha)	116	21
Potasio asimilable (kg/ha)	998	1937
Calcio asimilable (kg/ha)	1794	3343
Magnesio asimilable (kg/ha)	452	696

El valor de la reacción del suelo (pH) de la capa arable (0-30 cm) de acuerdo con Moreno Dahme (16) corresponde a medianamente ácido. El valor de la conductividad eléctrica expresada en mmhos/cm a 25°C, indica que el suelo del lote experimental, de acuerdo con la clasificación de salinidad de Riverside pertenece a un "suelo normal". El contenido de materia orgánica, en la capa arable (0-30 cm) de acuerdo con la clasificación de Moreno Dahme (16) corresponde a un suelo que va de muy pobre a medianamente pobre.

De acuerdo con Moreno Dahme (16), el valor del nitrógeno total en la capa arable (0-30 cm) fué clasificado como "extremadamente pobre". El contenido de fósforo asimilable en la capa arable fue clasificado como "extremadamente rico". Los valores de las determinaciones de potasio, calcio y magnesio asimilables en la capa arable (0-30 cm) quedan respectivamente dentro de los rangos siguientes: "Extremadamente rico"; entre "mediano y medianamente pobre" y "extremadamente rico".

### Trabajos de campo

#### 1.- Diseño experimental y tratamientos.

Se utilizó el diseño experimental "Bloques al Azar" con cuatro repeticiones y un diseño de tratamientos factorial incompleto de "Cuadrado Doble" con 13 tratamientos combinaciones de dosis de nitrógeno y fósforo y dos tratamientos adicionales con potasio.

El diseño de tratamientos de "Cuadrado Doble" forma parte de los llamados "factoriales parciales". Consiste en un factorial 5 x 5 del cual se eligen sistemáticamente 13 de las combinaciones originales. Una de las ventajas de los factoriales parciales es que proporcionan información bastante aproximada de la respuesta de los cultivos a cualquier nivel de fertilización dentro de la región de exploración considerada y permiten la estimación de la interacción N x P en el modelo matemático, además de que la ecuación de predicción proporciona un medio adecuado para calcular la dosis óptima económica de fertilización (7).

Este diseño de tratamientos se ha desarrollado especialmente para ser usado conjuntamente con el modelo polinomial cuadrático, el cual es uno de los empleados con mayor frecuencia para establecer relaciones funcionales, dado que son las funciones continuas más conocidas, de gran facilidad y flexibilidad en su manejo y los cálculos son un poco más sencillos (14).

En la interpretación estadística de este estudio se empleó un modelo polinomial cuadrático con dos variables (nitrógeno y fósforo), el cual consiste de la siguiente expresión:

$$Y = b_0 + b_1N + b_2P + b_3N^2 + b_4P^2 + b_5NP$$

En donde Y es el rendimiento estimado;  $b_0$ ,  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$ ,  $b_4$  y  $b_5$  son los parámetros estimados mediante el método de mínimos cuadrados, repre

sentando:

$b_0$  = término constante (rendimiento al nivel codificado 0-0 de nitrógeno y fósforo).

$b_1$  = efecto lineal del nitrógeno.

$b_2$  = efecto lineal del fósforo.

$b_3$  = efecto cuadrático del nitrógeno.

$b_4$  = efecto cuadrático del fósforo.

$b_5$  = efecto de la interacción entre nitrógeno y fósforo.

Los niveles de nitrógeno ensayados, fueron 0 a 160 kg/ha, con intervalos de 40 kg/ha; los de fósforo de 0 a 160 kg de  $P_2O_5$ /ha con intervalos de 40 kg/ha. Con el objeto de medir el efecto del fertilizante potásico se incluyeron 2 tratamientos adicionales conteniendo este nutrimento, mas 80 kg de N y  $P_2O_5$  por hectárea (trat. 14 y 15).

Los tratamientos estudiados se presentan a continuación:

Tratamientos	N kg/ha	$P_2O_5$ kg/ha	$K_2O$ kg/ha
1	0	0	0
2	0	80	0
3	0	160	0
4	40	40	0
5	40	120	0
6	80	0	0

Tratamientos	N kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha	K <sub>2</sub> O kg/ha
7	80	80	0
8	80	160	0
9	120	40	0
10	120	120	0
11	160	0	0
12	160	80	0
13	160	160	0
14	80	80	40
15	80	80	80

Se utilizó como fuente de nitrógeno, nitrato de amonio (33.5% N), para fósforo se utilizó superfosfato triple (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) y como fuente de potasio el cloruro de potasio (60% K<sub>2</sub>O).

## 2. - Antecedentes del terreno

La historia del terreno donde se estableció el lote experimental, había sido la siguiente: en el invierno 70-71 se sembraron hortalizas de ciclo rápido; en el verano de 1970 estuvo sembrado de frijol; durante el ciclo agrícola de 1969 estuvo ocupado por maíz y en el verano de 1968 estuvo sembrado de cacahuate. La fertilización aplicada en este tiempo a estos cultivos fue en promedio de unos 60 y 30 kg de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por ha, por lo que

si quedó algún efecto residual, éste fué bajo.

### 3. - Preparación del terreno

La preparación del terreno en el lote experimental se hizo siguiendo el sistema que acostumbran los agricultores para sus siembras: barbecho, rastreo, cruza y surcado a 0.80 m.

### 4. - Establecimiento del experimento

Las parcelas experimentales fueron delimitadas por estacas e hilos, dejando 2 metros de calle entre repetición y repetición. El tamaño de la parcela experimental fué de 5 surcos de 12 metros de largo y 0.80 metros de ancho. En total el tamaño de la parcela experimental fertilizada fué de 48 m<sup>2</sup>.

### 5. - Fertilización y siembra del lote experimental

El fertilizante se distribuyó a mano en banda continua al fondo del surco, para lo cual se asignó una bolsa con la cantidad de fertilizante que le correspondía de acuerdo al respectivo tratamiento. La cantidad de fertilizante aplicado a la siembra fué: todo el fósforo y el potasio, y la mitad del nitrógeno. La otra mitad del nitrógeno se aplicó poco antes de efectuar la segunda escarda. Inmediatamente después de aplicar el fertilizante se procedió a efectuar la siembra, empleando la variedad Peredovik; la siem

bra se hizo a chorrillo para luego hacer un aclareo dejando una planta cada 28 centímetros quedando una población de 45,000 plantas/ha. La siembra y la fertilización se acabaron el día primero de julio de 1971.

En la figura 3A del apéndice se presenta en forma diagramática la distribución de las parcelas y tratamientos en el lote experimental.

#### 6. • Observaciones de campo

El lote experimental fue visitado periódicamente y se hicieron observaciones sobre nacencia, respuestas vegetativas a los fertilizantes, invasión de malas hierbas, ataques de plagas y enfermedades, etc., que posteriormente fueron útiles en la interpretación de los resultados obtenidos.

La nacencia ocurrió a los 6 días después de la siembra, apreciándose una germinación casi en un 100%. El 16 de julio, a los 15 días de la siembra se llevó a cabo el primer deshierbe, para luego efectuar el primer cultivo, que fue el 20 de julio, a los 19 días después de la siembra.

El 23 de julio, a los 22 días después de la siembra, se procedió a hacer el aclareo ayudándose de hilos con marcas a 28 cm, dejando una planta en cada marca para tener una población de 45,000 plantas/ha aproximadamente.

El 31 de julio se hizo una aplicación del fungicida Maneb 70 con Zinc para controlar un hongo de aspecto veloso (Plasmopara halstedii) que se presentó en el envés de las hojas. El ataque desapareció aplicando una dosis de 1 kg del producto en 700 litros de agua/ha. Cabe hacer mención que el

ataque se presentó debido a las lluvias y los nublados intensos que se presentaron antes de esa fecha. A partir del 31 de julio vinieron días soleados y despejados, lo que contribuyó a que desapareciera esta enfermedad. El segundo deshierbe se llevó a cabo el 2 de agosto, a los 32 días después de la siembra, y enseguida se hizo la segunda aplicación de nitrógeno (50% restante) de acuerdo a los tratamientos. La aplicación se hizo en banda continua a unos 7 cm de separación de las plantas; la aplicación fue hecha el 3 de agosto y el segundo cultivo, que sirvió para tapar el fertilizante, se hizo inmediatamente después.

Dentro de las plagas que atacaron al girasol, sólo una por su grado de intensidad se combatió. Esta fue de mayate café, encontrándose 2 especies principalmente (Euphoria leucographa y Euphoria basalis G & P). El daño empezó a observarse poco antes de la floración, hasta el término de ésta; se hicieron 3 aplicaciones de Sevin al 80% P. H., a razón de 1 kg del producto en 400 litros de agua/ha. Las fechas de las aplicaciones fueron el 20 de agosto, el 29 de agosto y el 17 de septiembre.

En 3 fechas durante el ciclo vegetativo del girasol, se hicieron observaciones sobre respuestas vegetativas debidas a la aplicación de los diferentes tratamientos de fertilización. Las observaciones fueron hechas a los 30, 50 y 80 días después de la siembra. En la mayoría de las parcelas se notó respuesta a las aplicaciones de nitrógeno. La respuesta al fósforo fue notoria en algunos tratamientos hasta los 45 días después de la siembra, pe-

ro a medida que fue avanzando el ciclo vegetativo del girasol, fue desapareciendo.

Las observaciones que se hicieron sobre la floración y la maduración fueron las siguientes: Los primeros capítulos en cada una de las parcelas aparecieron en promedio a los 53 días y el 50% de la floración ocurrió a los 70 días en promedio, después de la siembra. La maduración de los capítulos ocurrió a los 115 días en promedio después de la siembra. Sin embargo es de mencionarse, que tanto la floración como la maduración se presentaron con mucha desuniformidad; presentándose aún dentro de la misma parcela plantas en floración y plantas maduras, listas para cosecharse.

Durante el ciclo vegetativo del girasol, en este estudio se presentaron dos granizadas pero estas fueron ligeras, ocurrieron el 19 de julio y el 7 de agosto. Además se presentó también una tormenta con viento fuerte que ocasionó acame y quebrado de los tallos sobre todo a los tratamientos con una dosis elevada de nitrógeno. Este siniestro ocurrió el 7 de septiembre, cuando las plantas se encontraban en plena floración.

Los últimos 15 días antes de cosechar el experimento, se presentó el ataque de pájaros, ocasionando un daño ligero al comerse la semilla del capítulo. Fueron controlados con un "pajarero".

Unos días antes de cosechar el experimento se hicieron conteos en la parcela útil del número de plantas acamadas, número de plantas con pudrición

del tallo y número de plantas achaparradas que no producían capítulo. Al parecer, la pudrición del tallo según los síntomas presentados es provocada por una bacteria; y el achaparramiento de las plantas según los síntomas visuales es provocado por un microorganismo denominado micoplasma<sup>1</sup>.

Los datos promedio de los tratamientos de fertilización en estudio sobre floración, madurez fisiológica, número de plantas acamadas, con pudrición del tallo y achaparradas, se presentan en el cuadro 1A del apéndice.

#### 7. - Cosecha del experimento

La cosecha fue hecha el 10. de noviembre, en cada parcela útil que consistió en 3 surcos a 0.80 m x 10 m de largo teniendo una superficie de 24 m<sup>2</sup>. En cada parcela, antes de cortar los capítulos, se hizo un conteo del número de plantas existentes y por diferencia se obtuvo el número de plantas faltantes. Los capítulos una vez cortados se pusieron a secar para después, golpeándoles la cara donde está la semilla se obtuvo ésta y enseguida se pesó, obteniéndose el rendimiento de cada parcela.

#### 8. - Mediciones efectuadas

##### 8.1. - Altura de plantas

La altura final de plantas fue tomada a los 70 días después de la siembra.

---

<sup>1</sup> Información personal del Ing. Leopoldo Fucikoysky.

#### 8. 6. - Porcentaje de aceite en el grano

Esta determinación también se hizo para cada una de las parcelas del experimento. Las determinaciones fueron hechas en el Laboratorio de Bromatología de la Residencia de Agrología de la S. R. H. en Guadalajara, Jal.

#### 9. - Análisis estadístico

Los datos correspondientes al rendimiento de grano, así como las mediciones efectuadas: altura final de plantas, número de plantas quebradas por parcela de  $24 \text{ m}^2$ , producción de forraje seco, peso hectolítrico y porcentaje de aceite del grano; fueron analizados en el Centro de Estadística y Cálculo del Colegio de Postgraduados de Chapingo, Méx.

Se presentaron fallas en la población, debido a un agente externo (viento), que provocó el acame de las plantas y como consecuencia se perdieron muchos capítulos, que al quedar en contacto con el suelo se pudrieron. Se consideró que de esta fecha a la maduración de los capítulos, las plantas adyacentes tendrían una ventaja mínima, pues su desarrollo máximo ya lo habían alcanzado.

La forma como se corrigieron estas fallas de población fueron con los datos tomados antes de cosechar, que fueron el número total de plantas por parcela útil de  $24 \text{ m}^2$ ; se procedió a hacer un análisis de covarianza, se obtuvo el coeficiente de regresión y habiendo calculado la media de la población, se corrigió cada uno de los rendimientos por parcela y se hizo un análisis de

varianza con los rendimientos ajustados.

El análisis de covarianza y el análisis de variación ajustado por covarianza se presentan en el cuadro 2A del apéndice.

El número medio de plantas de girasol por tratamiento, los rendimientos medios sin corregir y los rendimientos medios corregidos, expresados en ton/ha así como la media ( $\bar{X}$ ) de la población y el coeficiente de regresión se presentan en el cuadro 3A del apéndice.

El procedimiento y cálculos seguidos para probar la significancia del coeficiente de regresión, mediante la prueba de t se presenta en el cuadro 4A del apéndice.

Los rendimientos de grano después que fueron corregidos, se sometieron los 13 tratamientos del Cuadrado Doble mas un tratamiento adicional con potasio (14), al análisis estadístico.

Cabe señalar que se hizo otro análisis estadístico, con los 13 tratamientos del Cuadrado Doble y el otro tratamiento adicional con potasio (15) pero no se presenta el cuadro, debido a que los resultados son bastante similares al análisis con el tratamiento (14).

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

##### 1. - Altura final de plantas

En el cuadro 2 se presentan expresadas en cm, las alturas finales de las plantas de girasol, obtenidas en el lote experimental, para cada uno de los tratamientos de fertilización ensayados, así como el análisis de varianza para los 13 tratamientos de nitrógeno y fósforo correspondientes al Cuadrado Doble.

La ecuación de regresión múltiple que se obtuvo para esta característica de las plantas fué:

$$Y = 187.830604 + 0.336080N + 0.106169P - 0.001848N^2$$

Cabe hacer notar que tanto para esta ecuación de regresión, como para las que se expondrán más adelante, se mencionan solamente los parámetros de la ecuación que resultaron estadísticamente significativos en el análisis de varianza efectuado.

Con la ecuación obtenida para la característica altura de plantas, se estimaron los valores para los diferentes niveles de nitrógeno y fósforo estudiados, que se presentan por medio de curvas en la figura 1. Se ponen también las medias de los valores observados, las cuales nos dan una idea del ajuste del modelo empleado, al observar su discrepancia con los valores estimados.

##### a) Efecto del nitrógeno

CUADRO 2. - Altura final de plantas de girasol, expresada en cm y análisis de varianza del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.

Trat.	Fórmula	R E P E T I C I O N E S:				SUMA	PROM.
		I	II	III	IV		
1	0 - 0 - 0	190.2	160.8	161.7	212.1	724.5	181.1
2	0 - 80 - 0	202.9	186.6	199.6	204.2	793.2	198.3
3	0 - 160 - 0	180.8	199.2	173.7	197.5	751.1	187.7
4	40 - 40 - 0	220.4	191.6	185.8	228.3	826.0	206.5
5	40 - 120 - 0	199.2	185.0	193.3	219.6	797.0	199.2
6	80 - 0 - 0	224.2	212.9	191.2	215.0	843.2	210.8
7	80 - 80 - 0	210.0	207.9	196.6	224.3	838.7	209.6
8	80 - 160 - 0	242.5	202.1	216.6	200.0	871.1	217.7
9	120- 40 - 0	213.7	192.5	187.5	229.6	823.2	205.8
10	120- 120 - 0	204.6	199.6	210.8	221.7	836.6	209.1
11	160- 0 - 0	192.5	166.2	192.1	213.3	764.0	191.0
12	160- 80 - 0	215.0	193.3	216.6	225.8	850.6	212.6
13	160- 160 - 0	218.7	186.6	228.3	229.6	863.1	215.7
14	80 - 80 -40	205.0	203.3	212.5	212.9	833.6	208.4
15	80 - 80 -80	215.4	186.6	204.6	219.6	826.1	206.5

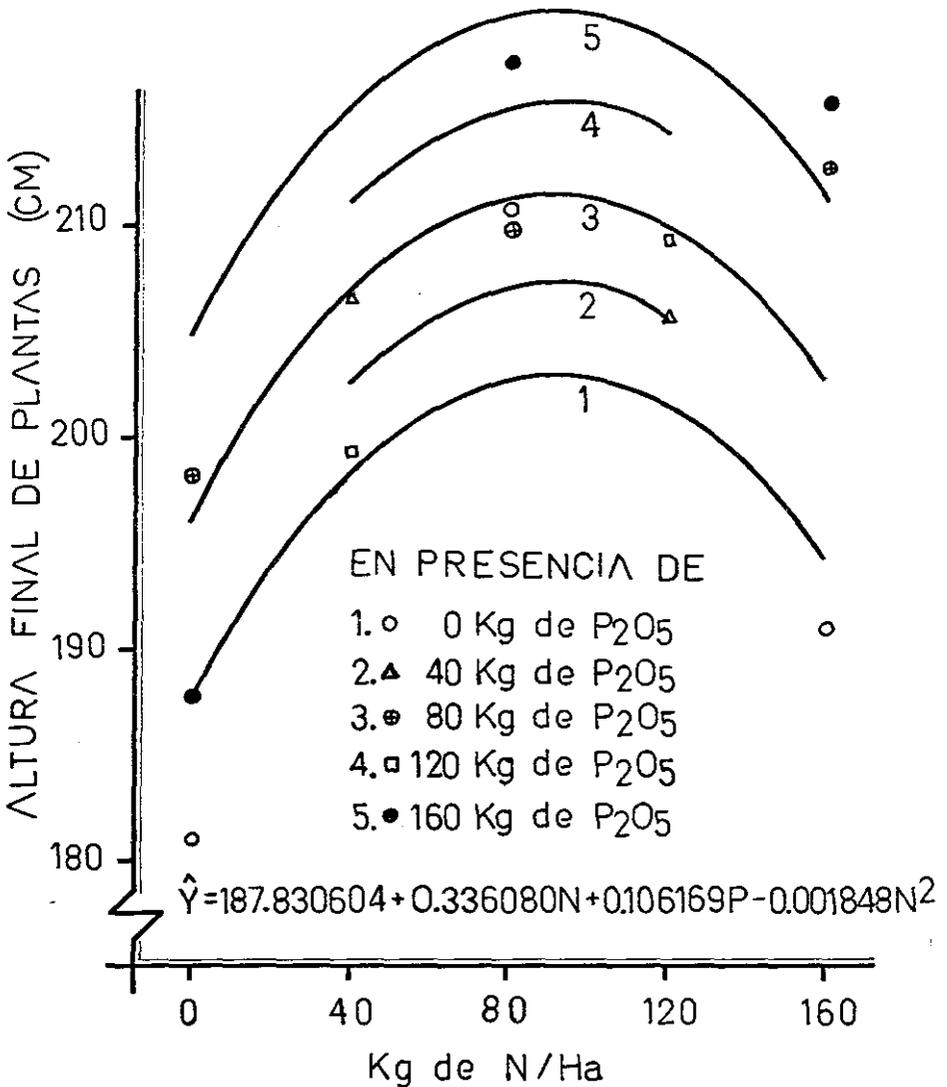
## ANALISIS DE VARIANZA

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F.	F tablas 0.05
Repeticiones	3	5379.841	1793.280	11.705	2.865
Tratamientos	12	5837.993	486.499	3.175	2.035
Modelo	5	4671.791	934.358	6.098	2.475
N Lineal	1	1845.188	1845.188	12.044**	4.115
P Lineal	1	658.629	658.629	4.299*	4.115
NP	1	406.212	406.212	2.651	4.115
N Cuadrático (Ajust.)	1	1334.916	1334.916	8.713**	4.115
P Cuadrático (No Ajust.)	1	426.843	426.843		
Falta de Ajuste	7	1166.201	166.600	1.087	2.280
Error Experimental	36	5515.228	153.200		
Total	51	16733.063			
N Cuadrático (No Ajust.)	1	1589.240	1589.240		
P Cuadrático (Ajust.)	1	172.519	172.519	1.126	4.115

C. V. = 6.1%

D. M. S. 5% = 17.7 cm

FIGURA.1. Efecto del nitrógeno sobre la altura final de plantas de girasol, en presencia de cinco niveles de fósforo, en el lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara, ciclo 1971.



tivo, en la altura final de las plantas de girasol.

Puede observarse en la figura 1, que la altura de las plantas aumenta, con forme la dosis de nitrógeno, pero hasta un cierto punto, después del cual empieza a decrecer; mostrando el nitrógeno, su efecto lineal y cuadrático.

#### b) Efecto del fósforo

La altura final de las plantas de girasol, también se vió influida por la fertilización fosfórica habiendo mostrado ésta un efecto lineal estadísticamente significativo, el cual se muestra en la figura 1. Se puede observar que a medida que la dosis de fósforo aumenta la altura de las plantas es mayor, sin mostrar significancia en el efecto cuadrático ni en la interacción N x P.

#### c) Efecto del potasio

Al comparar los tratamientos 14 y 15 con el 7, se advierte que la aplicación de fertilizante potásico, no produjo, diferencias estadísticamente significativas en esta característica de las plantas.

### 2. - Número de plantas quebradas

En el cuadro 3, se presentan los valores del número de plantas de girasol quebradas por parcela de 24 m<sup>2</sup>, para cada uno de los tratamientos de fertilización ensayados en este estudio, así como el análisis de varianza para los 13 tratamientos de nitrógeno y fósforo correspondientes al Cuadrado Doble.

La ecuación de regresión múltiple obtenida para esta característica fué:

$$Y = 15.006285 + 0.18496N - 0.000723 N^2$$

CUADRO 3. - Número de plantas quebradas de girasol por parcela de 24 m<sup>2</sup> y análisis de varianza del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971

Trat.	Fórmula	R E P E T I C I O N E S:				SUMA	PROM.
		I	II	III	IV		
1	0 - 0 - 0	15	22	12	22	71	17.7
2	0 - 80 - 0	15	19	12	8	54	13.5
3	0 - 160 - 0	15	15	10	19	59	14.7
4	40 - 40 - 0	22	12	15	9	58	14.5
5	40 - 120 - 0	12	6	22	15	55	13.5
6	80 - 0 - 0	33	29	19	19	100	25.0
7	80 - 80 - 0	30	26	19	19	94	23.5
8	80 - 160 - 0	34	25	26	30	115	28.7
9	120 - 40 - 0	34	30	26	26	116	29.0
10	120 - 120 - 0	34	40	35	19	128	32.0
11	160 - 0 - 0	30	22	31	14	97	24.2
12	160 - 80 - 0	43	25	22	19	109	27.2
13	160 - 160 - 0	29	33	15	25	102	25.5
14	80 - 80 - 40	25	25	22	25	91	24.2
15	80 - 80 - 80	30	25	43	19	117	29.2

## ANALISIS DE VARIANZA

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	F tablas 0.05
Repeticiones	3	471.000	157.000	4.574	2.865
Tratamientos	12	2067.730	172.310	5.020	2.035
Modelo	5	1527.195	305.439	8.899	2.475
N Lineal	1	1282.508	1282.508	37.369**	4.115
P Lineal	1	5.580	5.580	0.162	4.115
NP	1	25.327	25.325	0.737	4.115
N Cuadrático (Ajust.)	1	204.273	204.273	5.952*	4.115
P Cuadrático (No Ajust.)	1	9.505	9.505		
Falta de Ajuste	7	540.535	77.219	2.250	2.280
Error Experimental	36	1235.500	34.319		
Total	51	3774.230			
N Cuadrático (No Ajust.)	1	180.218	180.218		
P Cuadrático (Ajust.)	1	33.560	33.560	0.977	4.115

C. V. = 26.3%

D. M. S. 5% = 8.4

Se pensó que los valores medios de plantas quebradas es más conveniente presentarlos en forma de porcentaje para una mejor comprensión, por lo que con los valores obtenidos en esta ecuación, se estimaron los valores del por ciento de plantas quebradas para las diferentes dosis de nitrógeno, en base a un total de 108 plantas por  $24 \text{ m}^2$ .

a) Efecto del nitrógeno

Los valores estimados y observados para diferentes dosis de nitrógeno es tán representados gráficamente en la figura 2, donde se observa el aumento decreciente en el por ciento de plantas quebradas al elevarse la dosis de nitrógeno.

b) Efecto del fósforo y potasio

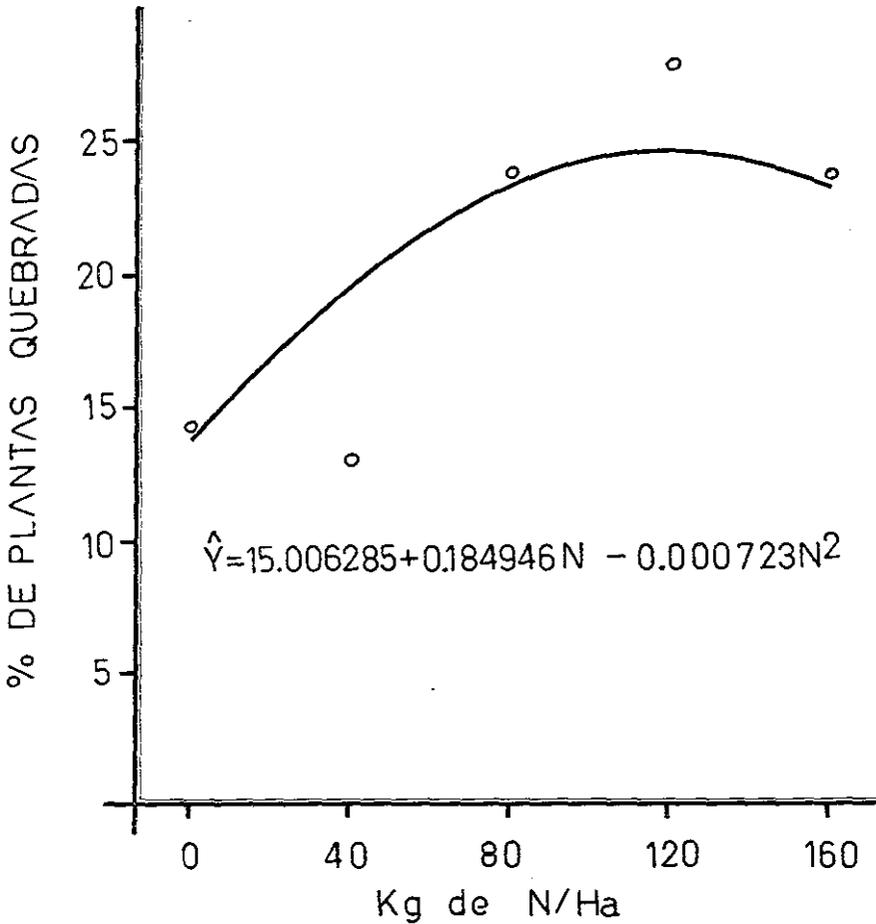
Las fertilizaciones fosfórica y potásica no mostraron efectos estadísticamente significativos con respecto a esta característica.

### 3. - Rendimiento de grano

En el cuadro 4 se presentan los rendimientos de grano de girasol expresados en ton/ha, obtenidos con los diferentes tratamientos de fertilización ensayados en el lote experimental. También se reportan los rendimientos obtenidos, correspondientes a los tratamientos 14 y 15 los que llevaron potasio. Así mismo se presenta el análisis de varianza del rendimiento de grano para los 13 tratamientos de N y  $\text{P}_2\text{O}_5$ , más un tratamiento adicional con potasio (14).

Cabe mencionarse que, en el rendimiento de grano de girasol, solamente

FIGURA.2. Efecto de la fertilización nitrogenada sobre el % de plantas quebradas de girasol, en el lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. ciclo 1971.



CUADRO 4. - Rendimientos parcelarios de grano de girasol, expresados en ton/ha y análisis de varianza del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.

Trat.	Fórmula	R E P E T I C I O N E S:				SUMA	PROM.
		I	II	III	IV		
1	0 - 0 - 0	1.491	1.116	1.391	1.165	5.163	1.291
2	0 - 80 - 0	1.495	1.509	1.322	1.182	5.508	1.377
3	0 - 160 - 0	1.197	1.605	1.389	1.305	5.496	1.374
4	40 - 40 - 0	1.566	1.364	1.463	1.666	6.059	1.515
5	40 - 120 - 0	1.422	1.222	1.476	1.589	5.709	1.427
6	80 - 0 - 0	1.998	1.536	1.309	1.495	6.338	1.585
7	80 - 80 - 0	1.516	1.726	1.553	1.485	6.280	1.570
8	80 - 160 - 0	1.660	1.635	1.780	1.344	6.419	1.605
9	120 - 40 - 0	1.710	1.500	1.554	1.441	6.205	1.551
10	120 - 120 - 0	1.733	1.451	1.438	1.478	6.100	1.525
11	160 - 0 - 0	1.630	1.406	1.664	1.313	6.013	1.503
12	160 - 80 - 0	1.704	1.470	1.297	1.466	5.937	1.484
13	160 - 160 - 0	1.670	1.594	1.951	1.498	6.713	1.678
14	80 - 80 - 40	1.589	1.563	1.664	1.460	6.276	1.569
15	80 - 80 - 80	1.641	1.306	1.501	1.233	5.681	1.420

## ANÁLISIS DE VARIANZA

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	F tablas 0.05
Repeticiones	3	23.4528	7.8176	3.224	2.845
Tratamientos	13	57.2736	4.4056	1.817	1.980
Modelo	5	45.5616	9.1123	3.758	2.455
N Lineal	1	27.3084	27.3084	11.263**	4.090
P Lineal	1	2.8138	2.8138	1.160	4.090
NP	1	1.0835	1.0835	0.446	4.090
N Cuadrático (Ajust.)	1	13.9845	13.9845	5.768*	4.090
P Cuadrático (No Ajust.)	1	0.3712	0.3712		
Falta de Ajuste	7	9.9088	1.4155	0.583	2.255
Error Experimental	39	94.5552	2.4244		
Total	55	175.2816			
N Cuadrático (No Ajust.)	1	12.6208	12.6208		
P Cuadrático (Ajust.)	1	1.7349	1.7349	0.715	4.090

C. V. = 10.3%

D. M. S. 5% = .222 ton/ha

la aplicación de nitrógeno tuvo efectos estadísticamente significativos, en su forma lineal y cuadrática, y no así la de fósforo y la interacción N x P. Por lo tanto, se procedió a hacer un ajuste a los parámetros de la ecuación de regresión múltiple, correspondientes al nitrógeno lineal y cuadrático; este ajuste fué hecho mediante un análisis de regresión.

Entonces una vez eliminados los parámetros no significativos de la ecuación de regresión múltiple, se presenta ésta con el ajuste antes mencionado habiendo quedado así:

$$Y = 1.290750 + 0.006015N - 0.000029N^2$$

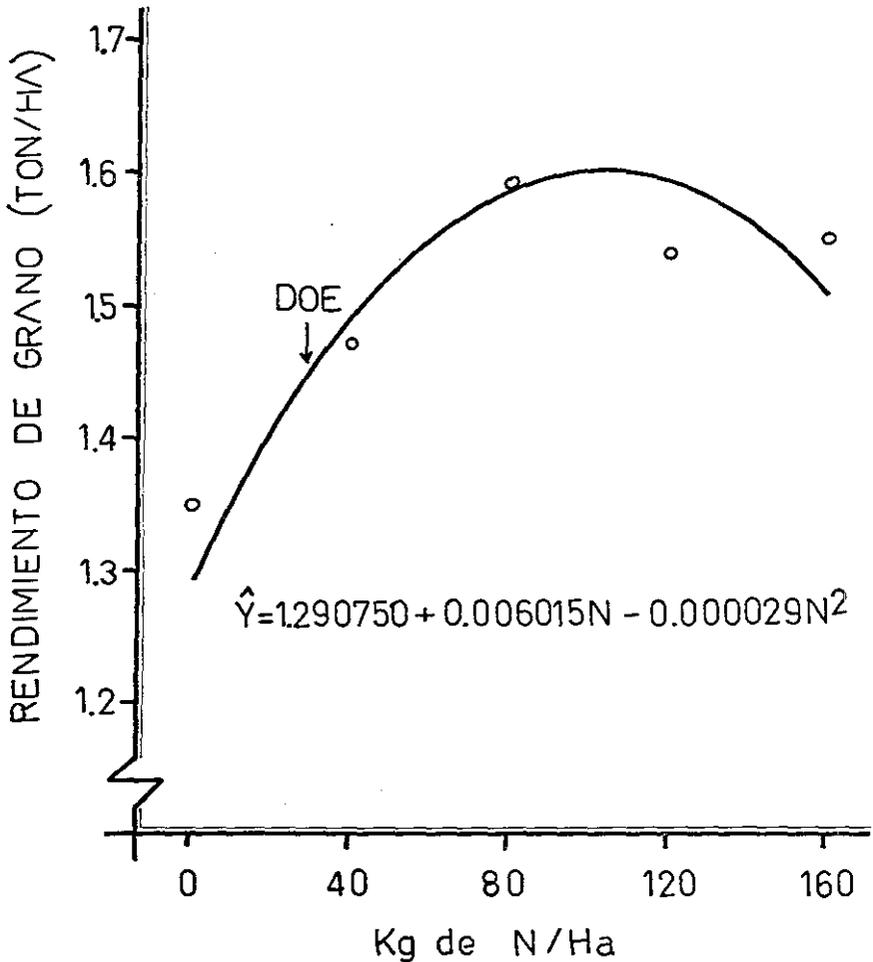
Con esta ecuación de regresión múltiple, se estimaron los rendimientos para diferentes dosis de nitrógeno, los cuales están representados en la figura 3; también se encuentran graficados en esta figura los valores observados para las mismas dosis de nitrógeno ensayadas. Esta forma de representar los valores estimados y los observados, es para mostrar el ajuste del modelo matemático empleado en este estudio.

#### a) Efecto del nitrógeno

La fertilización nitrogenada mostró un efecto estadísticamente significativo sobre el rendimiento de grano de girasol. En la figura 3 se muestra el aumento decreciente del rendimiento de grano conforme aumenta la dosis de nitrógeno.

En el análisis económico que se describe al final de este capítulo, se estimó una dosis óptima económica de 30.4 kg de N/ha, para las condiciones mas comunes de este cultivo en el Valle de Guadalajara.

FIGURA.3. Función de respuesta mostrando el efecto de la fertilización nitrogenada sobre el rendimiento de grano de girasol, en el lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. ciclo 1971.



Las experiencias que se tienen a la fecha en experimentos con fertilizantes, efectuados en el Valle de Guadalajara, en los cultivos principales, como son maíz y sorgo, indican la necesidad de aplicar nitrógeno y fósforo. En base a los resultados obtenidos en estos experimentos, se recomiendan las siguientes fórmulas: 120-40-0 para maíz y 80-40-0 para sorgo. Para girasol se recomienda en forma práctica la fórmula 40-40-0.

Haciendo una comparación de la dosis óptima económica de fertilización, determinada para girasol en el presente estudio, y las recomendaciones de fertilización antes mencionadas, se observa que los requerimientos nutricionales, son menores para el girasol.

#### b) Efecto del fósforo y potasio

Las fertilizaciones fosfórica y potásica no mostraron incrementos estadísticamente significativos en el rendimiento de grano.

El cálculo de la dosis óptima económica de fertilización nitrogenada, así como las alternativas planteadas, se presentan al final de este capítulo.

#### 4. - Producción de materia seca

En el cuadro 5 se presentan expresados en ton/ha, los rendimientos de materia seca para cada uno de los tratamientos de fertilización ensayados, así como el análisis de varianza para los 13 tratamientos de nitrógeno y fósforo correspondientes al Cuadrado Doble.

Como no se detectaron efectos estadísticamente significativos para ninguno de los nutrimentos ensayados, no se presenta la ecuación de regresión múltiple

CUADRO 5. - Rendimiento de materia seca de girasol expresado en ton/ha y análisis de varianza del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.

Trat.	Fórmula	R E P E T I C I O N E S :				SUMA	PROM.
		I	II	III	IV		
1	0 - 0 - 0	4.16	3.02	3.54	4.41	15.14	3.79
2	0 - 80 - 0	4.37	4.58	3.75	4.04	16.75	4.19
3	0 - 160 - 0	3.45	4.58	3.16	4.16	15.37	3.84
4	40 - 40 - 0	4.89	4.25	3.89	4.33	17.37	4.34
5	40 - 120 - 0	4.70	2.70	4.16	4.91	16.50	4.12
6	80 - 0 - 0	5.18	4.83	3.12	5.54	18.69	4.67
7	80 - 80 - 0	4.08	5.04	4.35	4.16	17.64	4.41
8	80 - 160 - 0	4.78	3.39	5.50	3.33	17.02	4.25
9	120 - 40 - 0	3.95	2.52	2.91	4.48	13.87	3.47
10	120 - 120 - 0	4.45	3.20	2.50	4.95	15.17	3.80
11	160 - 0 - 0	4.83	4.29	3.81	2.44	15.37	3.84
12	160 - 80 - 0	4.50	3.89	4.24	3.71	16.33	4.08
13	160 - 160 - 0	4.89	2.79	5.16	3.20	16.06	4.01
14	80 - 80 - 40	4.16	3.50	3.31	3.37	14.44	3.61
15	80 - 80 - 80	5.89	2.91	4.58	3.83	17.23	4.31

## ANALISIS DE VARIANZA

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	F tablas 0.05
Repeticiones	3	3.9540	1.3180	1.9899	2.865
Tratamientos	12	4.9416	0.4118	0.6217	2.035
Modelo	5	1.0976	0.2195	0.3314	2.475
N Lineal	1	0.1296	0.1296	0.1956	4.115
P Lineal	1	0.0130	0.0130	0.0197	4.115
NP	1	0.0567	0.0567	0.0857	4.115
N Cuadrático (Ajust.)	1	0.8828	0.8828	0.3329	4.115
P Cuadrático (No Ajust.)	1	0.0153	0.0153		
Falta de Ajuste	7	3.8439	0.5491	0.8290	2.280
Error Experimental	36	23.8442	0.6623		
Total	52	32.7399			
N Cuadrático (No Ajust.)	1	0.8950	0.8950	0.0047	4.115
P Cuadrático (Ajust.)	1	0.0031	0.0031		

C. V. = 20.0%

D. M. S. 5% = 1.16 ton/ha

ple para esta característica.

#### 5. - Peso hectolfrico

En el cuadro 6 se presentan los pesos hectolfricos del grano de girasol, expresados en kg/hl, para cada uno de los tratamientos de fertilización ensayados; así como el análisis de varianza para los 13 tratamientos de nitrógeno y fósforo, correspondientes al Cuadrado Doble.

La ecuación de regresión múltiple obtenida para esta característica fué:

$$Y = 40.935795 + 0.008737N$$

En la figura 4 se encuentran graficados los valores estimados, así como los observados para varias dosis de nitrógeno. Los valores estimados fueron calculados a partir de la ecuación de regresión múltiple, que también allí se presenta.

##### a) Efecto del nitrógeno

La fertilización nitrogenada mostró un efecto lineal estadísticamente significativo con respecto al peso hectolfrico del grano. En la figura 6, la gráfica está representada por una línea recta, la cual muestra el efecto lineal del nitrógeno. No es recomendable sin embargo, fertilizar solo por elevar el peso hectolfrico. No obstante, el efecto del N sobre esta característica, seguramente influyó en el aumento en rendimiento.

##### b) Efecto del fósforo y potasio

Las fertilizaciones fosfórica y potásica no mostraron efectos estadísticamente significativos en el peso hectolfrico del grano de girasol.

CUADRO 6. - Peso hectolítrico del grano de girasol expresado en kg/hl y análisis de varianza del lote experimental establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.

Trat.	Fórmula	R E P E T I C I O N E S:				SUMA	PROM.
		I	II	III	IV		
1	0 - 0 - 0	41.0	40.0	40.0	42.0	163.0	40.7
2	0 - 80 - 0	41.5	40.5	40.0	42.0	164.0	41.0
3	0 - 160 - 0	40.5	43.0	41.5	41.5	166.5	41.6
4	40 - 40 - 0	43.0	41.0	39.0	42.0	165.0	41.2
5	40 - 120 - 0	41.0	39.5	40.0	44.0	164.5	41.1
6	80 - 0 - 0	42.5	41.5	42.0	43.0	169.0	42.2
7	80 - 80 - 0	41.5	40.5	42.0	41.0	169.0	41.2
8	80 - 160 - 0	43.0	40.5	42.0	43.0	168.5	42.1
9	120- 40 - 0	42.0	41.5	40.5	42.5	166.5	41.6
10	120- 120 - 0	43.0	41.5	42.0	42.5	169.0	42.2
11	160- 0 - 0	42.0	41.0	41.0	46.0	170.0	42.5
12	160- 80 - 0	43.0	44.0	41.5	43.0	171.5	42.8
13	160- 160 - 0	41.5	44.0	43.0	42.0	170.5	42.6
14	80 - 80 - 40	41.0	40.0	41.0	40.5	162.5	40.6
15	80 - 80 - 80	41.0	39.0	39.5	42.5	161.5	40.3

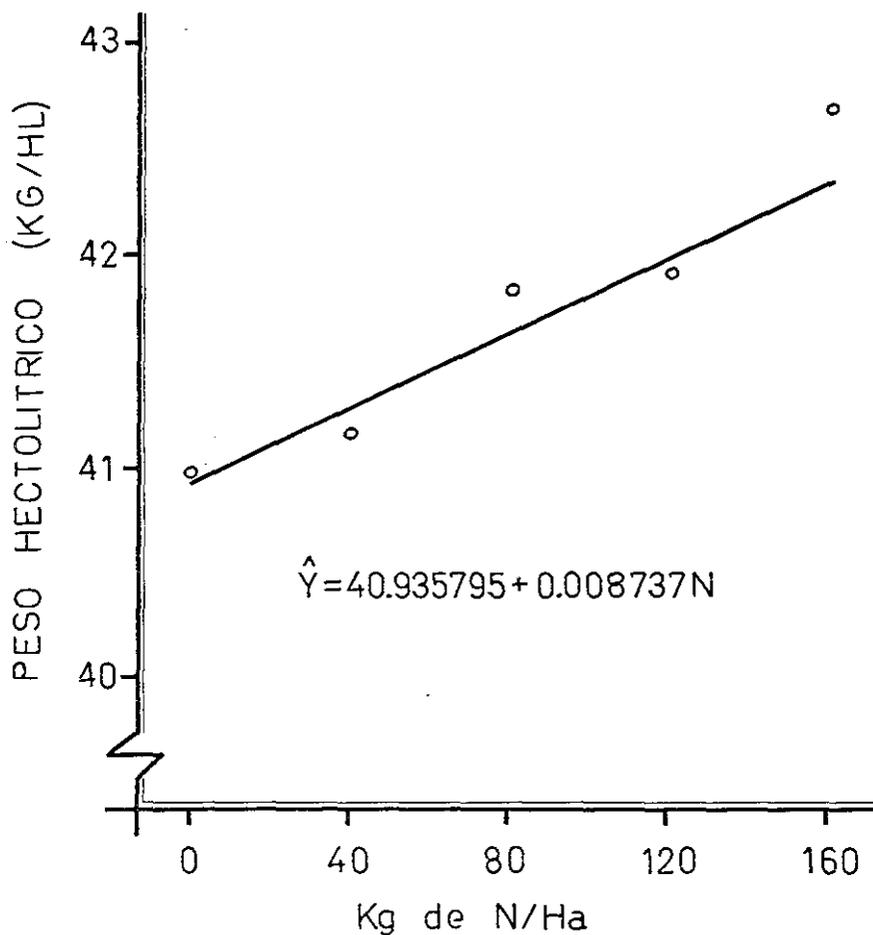
## ANALISIS DE VARIANZA

F. V.	G. L.	S. C.	C. M.	F	F tablas 0.05
Repeticiones	3	17.750	5.916	4.668	2.865
Tratamientos	12	22.798	1.899	1.499	2.035
Modelo	5	18.934	3.786	2.987	2.475
N Lineal	1	16.508	16.508	13.026**	4.115
P Lineal	1	0.723	0.723	0.570	4.115
NP	1	0.297	0.297	0.234	4.115
N Cuadrático (Ajust.)	1	0.042	0.042	0.033	4.115
P Cuadrático (No Ajust.)	1	1.362	1.362		
Falta de Ajuste	7	3.863	0.551	0.435	2.280
Error Experimental	36	45.625	1.267		
Total	51	86.173			
N Cuadrático (No Ajust.)	1	0.284	0.284		
P Cuadrático (Ajust.)	1	1.119	1.119	0.883	4.115

C. V. = 2.7%

D. M. S. 5% = 1.6 kg/hl

FIGURA.4. Efecto del nitrógeno sobre el peso hectolítrico del grano de girasol en el lote - experimental establecido en el Valle de Guadalajara. ciclo 1971.



## 6. - Porciento de aceite

En el cuadro 7 se presentan expresados en porciento, los valores del contenido de aceite del grano de girasol, para cada uno de los tratamientos de fertilización ensayados; así como el análisis de varianza para los 13 trataamientos de nitrógeno y fósforo correspondientes al Cuadrado Doble.

Como no se detectaron efectos estadísticamente significativos para ninguno de los nutrimentos ensayados, no se presenta la ecuación de regresión múltiple para esta característica agronómica.

METODOLOGIA Y CONCEPTOS EMPLEADOS EN ESTE ESTUDIO PARA LA DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA A PARTIR DE LA ECUACION DE REGRESION MULTIPLE, DEL RENDIMIENTO DE GRANO.

Se consideró conveniente en el presente estudio, la estimación de la dosis óptima de fertilización nitrogenada para el cultivo de girasol tomando en cuenta las siguientes alternativas.

1. - Estimar la dosis óptima económica, a partir de los fertilizantes sulfato de amonio (20.5% N) y nitrato de amonio (33.5% N) que son los de mayor uso en el Valle de Guadalajara.
2. - Considerando que la cosecha puede llevarse a cabo en forma manual o bien en forma mecanizada, los costos que implica una u otra forma, varían considerablemente, haciendo esto variar la dosis óptima económica; por lo cual se optó calcularlas para las dos formas, y a partir de las dos fuentes de nitrógeno (sulfato de amonio y nitrato de amonio).

A continuación se presenta la metodología para el cálculo de las diferentes dosis óptimas económicas de fertilizante nitrogenado considerando los precios establecidos en el Valle de Guadalajara durante el ciclo 1971.

A) - CALCULO DE LA DOSIS OPTIMO ECONOMICA A PARTIR DE SULFATO DE AMONIO, CONSIDERANDO QUE LA COSECHA SE HACE EN FORMA MANUAL.

a) Costo, transporte y aplicación por tonelada de sulfato de amonio (20. 5% N)- - - - -	\$ 860. 00
b) Precio de garantía de una tonelada de girasol. - - - - -	" 1, 800. 00
c) Costo de la cosecha por tonelada, considerando un rendimiento de 1. 5 ton/ha. - - - - -	" 70. 00
d) Costo del desgrane por tonelada, considerando un rendimiento de 1. 5 ton/ha. - - - - -	" 130. 00
e) Costo del acarreo de la cosecha a granel/ton	" 60. 00

A continuación se calcula el costo total por kg de N, tomando en cuenta los precios anteriores, de la manera siguiente:

1. - Costo, transporte y aplicación por kg de N	\$ 4. 19
2. - Equivalencia de \$ 4. 19 en kg de girasol a precio de garantía, es de 2. 32 kg de girasol	
3. - Cosecha, desgrane y transporte correspondientes a 2. 32 kg de girasol. - - - - -	" 0. 60
Subtotal por kg de N	\$ <u>4. 79</u>

4. - Un 50% del costo total como utilidad para el agricultor- - - - -	\$	2.39
5. - Un 10% adicional del costo total para cubrir riesgos del cultivo- - - - -	"	0.47
		<hr/>
Costo total por kg de N	\$	7.65

Una vez obtenido el costo total por kg de N, se realizan los siguientes pasos:

1. - Se calcula la productividad marginal debida al N ( $PM_N$ ), obtenida al sacar la primera derivada de la ecuación de regresión de los rendimientos calculados de grano, con respecto a N.

$$PM_N = \frac{d_Y}{d_N}$$

2. - Obtenida la productividad marginal debida al N, esta se iguala con la relación: precio de kg de N/precio de la ton de girasol.

$$PM_N = \frac{P_N}{P_Y}$$

3. - Resolviendo esta ecuación, se obtiene la cantidad de N que produce la máxima ganancia, al invertir en los fertilizantes.

La ecuación de regresión múltiple para el rendimiento calculado de grano fué:

$$Y = 1.290750 + 0.006015N - 0.000029N^2$$

$$P_N = \$ 7.65$$

$$P_Y = \$ 1,800.00$$

$$PM_N = \frac{d_Y}{d_N} = 0.006015 - 0.000058N$$

$$\frac{P_N}{P_Y} = \frac{7.65}{1800} = 0.004250$$

$$0.006015 - 0.000058N = 0.004250$$

$$0.006015 - 0.004250 = 0.000058N$$

$$0.001765 = 0.000058N$$

$N = 30.4$  kg dosis óptima económica

B) CALCULO DE LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA A PARTIR DE SULFATO DE AMONIO CONSIDERANDO QUE LA COSECHA SE HACE EN FORMA MECANIZADA.

a) Costo, transporte y aplicación por tonelada de sulfato de amonio (20.5% N)- -	\$	860.00
b) Precio de garantía de una tonelada de girasol- - - - -	"	1,800.00
c) Costo de la trilla por tonelada de grano	"	30.00
d) Costo del acarreo de la cosecha a granel/ton- - - - -	"	60.00

A continuación se calcula el costo total por kg de N, tomando en cuenta los precios anteriores, de la manera siguiente:

1. - Costo, transporte y aplicación por kg de N - - - - -	\$	4.19
2. - Equivalencia de \$ 4.19 en kg de girasol a precio de garantía es de 2.32 kg de girasol- - - - -	"	

3. - Trilla y transporte correspondientes a 2.32 kg de girasol- - - - -	\$	0.21
		<hr/>
Subtotal por kg de N	\$	4.40
		<hr/>
4. - Un 50% del costo total como utilidad pa ra el agricultor- - - - -	\$	2.20
5. - Un 10% adicional del costo total para cu brir riesgos del cultivo- - - - -	\$	0.44
		<hr/>
Costo total por kg de N	\$	7.04
		<hr/>

Una vez obtenido el costo total por kg de N, se realizan los mismos pasos mencionados anteriormente:

Partiendo de la misma ecuación de regresión múltiple para el rendimiento calculado de grano, se hacen los mismos cálculos:

$$Y = 1.290750 + 0.006015N - 0.000029N^2$$

$$P_N = \$ 7.04$$

$$P_Y = \$ 1,800.00$$

$$PM_N = \frac{d_Y}{d_N} = 0.006015 - 0.000058N$$

$$\frac{P_N}{P_Y} = \frac{7.04}{1800} = 0.003911$$

$$0.006015 - 0.000058N = 0.003911$$

$$0.006015 - 0.003911 = 0.000058N$$

$$0.002104 = 0.000058N$$

$$N = 36.3 \text{ kg dosis óptima económica}$$

C) CALCULO DE LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA A PARTIR DE NITRATO DE AMONIO, CONSIDERANDO QUE LA COSECHA SE HACE EN FORMA MANUAL

a) Costo, transporte y aplicación por tonelada de nitrato de amonio-----	\$	1,460.00
b) Precio de garantía de una tonelada de girasol	"	1,800.00
c) Costo de la cosecha por tonelada, considerando un rendimiento de 1.5 ton/ha-----	"	70.00
d) Costo del desgrane por tonelada, considerando un rendimiento de 1.5 ton/ha-----	"	130.00
e) Costo del acarreo de la cosecha a granel/ton	"	60.00

A continuación se calcula el costo total por kg de N, tomando en cuenta los precios anteriores, de la manera siguiente:

1. - Costo, transporte y aplicación por kg de N	\$	4.35
2. - Equivalente de \$ 4.35 en kg de girasol a precio de garantía es de 2.41 kg-----	"	
3. - Cosecha, desgrane y transporte correspondientes a 2.41 kg de girasol-----	\$	<u>0.62</u>
Subtotal por kg de N	\$	<u>4.97</u>
4. - Un 50% del costo total como utilidad para el agricultor-----	\$	2.48
5. - Un 10% adicional del costo total para cubrir riesgos del cultivo-----	"	<u>0.49</u>
Costo total por kg de N	\$	<u>7.94</u>

Una vez obtenido el costo total por kg de N, se realizan los mismos pasos mencionados anteriormente:

Partiendo de la misma ecuación de regresión múltiple para el rendimiento calculado de grano, se hacen los mismos cálculos:

$$Y = 1.290750 + 0.006015N - 0.000029N^2$$

$$P_N = \$ 7.94$$

$$P_Y = \$ 1,800.00$$

$$PM_N = \frac{d_Y}{d_N} = 0.006015 - 0.000058N$$

$$\frac{P_N}{P_Y} = \frac{7.94}{1800} = 0.004411$$

$$0.006015 - 0.000058N =$$

$$0.006015 - 0.004411 = 0.000058N$$

$$0.001604 = 0.000058N$$

$$N = 27.6 \text{ kg dosis óptima económica}$$

D) CALCULO DE LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA A PARTIR DE NITRATO DE AMONIO, CONSIDERANDO QUE LA COSECHA SE HACE EN FORMA MECANIZADA

a) Costo, transporte y aplicación por tonelada de

nitrate de amonio (33.5% N)----- \$ 1,460.00

b) Precio de garantía de una tonelada de girasol " 1,800.00

c) Costo de la trilla por tonelada de girasol---- " 30.00

d) Costo del acarreo de la cosecha a granel/ton " 60.00

A continuación se calcula el costo total por kg de N, tomando en cuenta los precios anteriores, de la manera siguiente:

1. - Costo, transporte y aplicación por kg de N	\$	4.35
2. - Equivalencia de \$ 4.35 en kg de girasol a - precio de garantía es de 2.41 kg-----		
3. - Trilla y transporte correspondiente a 2.41 kg de girasol-----	"	0.22
		<hr/>
Subtotal por kg de N	\$	4.57
		<hr/>
4. - Un 50% del costo total como utilidad para el agricultor-----	\$	2.28
5. - Un 10% adicional del costo total para cubrir riesgos del cultivo-----	"	0.45
		<hr/>
Costo total por kg de N	\$	7.30
		<hr/>

Una vez obtenido el costo total por kg de N, se realizan los mismos pasos mencionados anteriormente:

Partiendo de la misma ecuación de regresión múltiple para el rendimiento de grano, se hacen los mismos cálculos:

$$Y = 1.290750 + 0.006015N - 0.000029N^2$$

$$P_N = \$ 7.30$$

$$P_Y = \$ 1,800.00$$

$$PM_N = \frac{dY}{dN} = 0.006015 - 0.000058N$$

$$\frac{P_N}{P_Y} = \frac{7.30}{1800} = 0.004055$$

$$0.006015 - 0.000058N = 0.004055$$

$$0.006015 - 0.004055 = 0.000058N$$

$$0.001960 = 0.000058N$$

$N = 33.8$  kg dosis óptima económica

De las cuatro alternativas planteadas, la que más se apega a las condiciones existentes en el Valle de Guadalajara es la (A). O sea, la fuente de N más usada es el sulfato de amonio, y la cosecha y trilla se harían en forma manual. Entonces la dosis óptima económica recomendada, para suelos con características físicas y químicas similares a las del lote donde se estableció el experimento es la de 30.4 kg de N/ha.

Es interesante saber cual sería la diferencia en utilidades, entre aplicar la dosis óptima económica de fertilización nitrogenada y no aplicar nitrógeno. A continuación se describe el procedimiento seguido para calcular esta utilidad:

1. - Fórmula recomendada: 30.4 kg de N/ha.
2. - Costo de esta fórmula a partir de sulfato de amonio (20.5% N) incluyen do costos de transporte y aplicación: \$ 145.60/ha.
3. - Rendimiento experimental con 30.4 kg de N/ha: 1,447 kg/ha.  
Rendimiento comercial estimado con 30.4 kg de N/ha (80%): 1,157 kg/ha.
4. - Rendimiento experimental sin fertilizante: 1,290 kg/ha.  
Rendimiento comercial estimado sin fertilizante (80%): 1,032 kg/ha.
5. - Incremento en grano por la aplicación de 30.4 kg de N/ha: 126 kg/ha.

6. - Valor de 126 kg de grano de girasol a \$ 1.80 kg que es el precio de garantía: \$ 226.0.

7. - Ingreso neto por concepto de aplicación de fertilizante:  $226.0 - 145.6 =$   
\$ 80.4/ha.

La utilidad que se obtiene por fertilizar es de \$ 80.4/ha; esta utilidad resulta baja, debido a que la productividad del suelo donde se estableció el experimento es alta, y como consecuencia, el incremento en rendimiento fué muy poco. La utilidad que se puede percibir por concepto únicamente de aplicar fertilizante, puede aumentar en el momento en que los requerimientos de nitrógeno sean mayores y posiblemente en un futuro los de fósforo y potasio. O sea, cuando la mayor parte del incremento en rendimiento se atribuya a la aplicación de fertilizantes.

## V. CONCLUSIONES

Las conclusiones obtenidas en el presente estudio, y que se presentan a continuación, cabe mencionarse que son de un solo experimento, que estuvo sometido a condiciones específicas de suelo y clima, por lo cual podrán ser extrapolables solo a condiciones semejantes en cuanto a características del suelo y manejo previo.

1. - La altura final de las plantas de girasol, se vió estadísticamente influida por la fertilización nitrogenada y fosfórica. Sin embargo, esta no es una característica agronómica deseable en el caso de girasol para producción de grano, ya que el crecimiento excesivo de las plantas, provocado por la aplicación de fertilizantes, puede ocasionar el acame de éstas, sobre todo en lugares donde se presentan vientos fuertes.
2. - Sobre el número de plantas quebradas por parcela de 24 m<sup>2</sup> se concluye que hay un aumento en forma decreciente, a medida que la dosis de nitrógeno aumenta; esta característica fué estadísticamente afectada únicamente por la aplicación de fertilizante nitrogenado.
3. - Con relación al rendimiento de grano, en el presente estudio se encontró respuesta estadística y económica únicamente a la aplicación de fertilizante nitrogenado.

En el análisis económico efectuado, se estimó una dosis óptima económica de 30.4 kg de N/ha para las condiciones más usuales del Valle, lo cual eleva la ganancia en \$ 80.00/ha.

4. - Por lo que respecta a la producción de materia seca, esta característica no fué estadísticamente afectada por la fertilización tanto nitrogenada como fósforica.
5. - El peso hectolítrico del grano de girasol, se vió estadísticamente influido por la fertilización nitrogenada, sin embargo no es económicamente recomendable emplear una dosis de nitrógeno superior a la calculada como óptima económica, solo por elevar el peso hectolítrico.
6. - El contenido de aceite del grano de girasol, no mostró incrementos estadísticamente significativos con la fertilización nitrogenada y fosfórica; al parecer la fertilización no influyó en esta característica.
7. - El potasio, en ninguna de las variables sometidas a estudio, mostró un efecto estadísticamente significativo.

## VI. RESUMEN

El presente estudio sobre fertilización en girasol, se desarrolló durante el Verano de 1971 en el Campo Agrícola Experimental de la Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara, el cual está ubicado dentro del Valle de Guadalajara, teniendo por coordenadas el paralelo  $20^{\circ}43'$  de latitud Norte y el meridiano  $103^{\circ}23'$  de longitud Oeste. Su elevación sobre el nivel del mar es de 1700 m.

En el terreno que ocupó el lote experimental, se tomaron muestras de suelo, a las profundidades de 0-30 cm y 30-60 cm para su caracterización física y química.

El diseño experimental que se usó fue el de Bloques al Azar, y como diseño de tratamientos el de "Cuadrado Doble", con trece tratamientos de nitrógeno y fósforo. Los niveles de nitrógeno ensayados, fueron de 0 a 160 kg de N/ha, con intervalos de 40 kg/ha; los de fósforo de 0 a 160 kg de  $P_2O_5$ /ha, con intervalos de 40 kg/ha. Se incluyeron además dos tratamientos de potasio (80-80-40 y 80-80-80). Todos los tratamientos fueron repetidos cuatro veces.

La fertilización se realizó a mano, utilizándose nitrato de amonio (33,5% N) como fuente de nitrógeno, superfosfato de calcio triple (46%  $P_2O_5$ ) como fuente de fósforo y cloruro de potasio (60%  $K_2O$ ) como fuente de potasio. La parcela fertilizada fue de 5 surcos a .80 m por 12 m de largo ( $48\text{ m}^2$ ) y la cosechada, los 3 surcos centrales eliminando 1 m de cabeceras ( $24\text{ m}^2$ ).

Se hicieron visitas periódicas al lote experimental, con el objeto de observar aspectos como: nacencia, malas hierbas, plagas, enfermedades, etc. así como tomar datos sobre la respuesta vegetativa de las plantas a la aplicación de fertilizantes.

En cada uno de los tratamientos ensayados se tomó la altura final de las plantas y el número de plantas quebradas por parcela de 24 m<sup>2</sup>.

La cosecha se realizó a mano, cortando con hoces los capítulos y los tallos al ras del suelo, para obtener el peso de la materia seca de inmediato, y posteriormente se procedió a poner a secar los capítulos y luego golpeándolos se obtuvo el grano que se pesó enseguida. Al grano de girasol se le determinó el peso hectolítrico y el porciento de aceite.

En el estudio llevado a cabo, las alturas finales de las plantas, se vieron estadísticamente influidas por la acción del fertilizante nitrogenado y fosfórico.

El número de plantas quebradas por parcela de 24 m<sup>2</sup> se incrementó significativamente con la fertilización nitrogenada únicamente.

Por lo que respecta al rendimiento de grano, solamente se encontró respuesta estadística y económica a la aplicación de fertilizante nitrogenado.

La dosis óptima económica determinada fue de 30.4 kg de N/ha, la cual eleva la redituabilidad en relación al testigo, en \$ 80.00 por hectárea.

El rendimiento de materia seca no se incrementó significativamente con la fertilización nitrogenada y fosfórica.

En relación al peso hectolítrico del grano, éste se incrementó estadística-

mente con la aplicación de nitrógeno; el fósforo no influyó en esta característica.

El porcentaje de aceite del grano, no se vió afectado estadísticamente por la acción del fertilizante nitrogenado y fosfórico.

En ninguna de las variables sometidas a estudio se manifestó respuesta estadísticamente significativa a la aplicación de potasio.

## VII. BIBLIOGRAFIA

1. - ALARCON C., J. E. 1971. Informe Depto. Suelos C. I. A. M. E. C., I. N. I. A., S. A. G. (en prensa)
2. - BEJARANO, E. W. 1971. Dosis y Fraccionamiento de la Fertilización Nitrogenada en Maíz en Chapingo, Méx. Tesis M. C. Colegio de Post-graduados de la E. N. A. Chapingo, Méx.
3. - BOUYOUCOS, G. J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agron. Journal. 43: 434-438
4. - DE LA LOMA, J. L. 1966. Experimentación Agrícola U. T. H. E. A. Segunda Edición
5. - DIAZ CASTRO, G. 1971. El Problema Entomológico del Cultivo de Girasol. Seminarios CIAB, I. N. I. A., S. A. G.
6. - DIAZ MALDONADO J. 1970. Efecto de la aplicación de fertilizantes al suelo sobre el rendimiento de grano y algunas características del cultivo de Sorgo (*Sorghum vulgare*) en el Valle de Culiacán. Tesis Profesional E. N. A. Chapingo, Méx.
7. - ESCOBAR GIRON J. 1967. Metodología para el estudio de una "Superficie de Respuesta" en Base de Diseño Cuadrado Doble. C. E. C. Colegio de Post-graduados E. N. A. Chapingo, Méx.
8. - GARCIA H. J. y GALLEGOS B. C. 1970. El cultivo de Girasol en las Regiones Semiáridas de Jalisco. Circular CIAB No. 29 I. N. I. A., S. A. G.
9. - GONZALEZ EGUIARTE, D. 1972. Respuesta del Cultivo de Trigo a la Aplicación de Fertilizantes Químicos en el Valle de Mexicali. Tesis Profesional. Escuela de Agricultura de la Universidad de Guadalajara
10. - I. N. I. A. ADELANTOS DE LA CIENCIA AGRICOLA EN MEXICO. 1966. 1967 y 1968. Informe de Labores Tomo II

11. - JACKSON, M. L. 1964. Análisis Químico de Suelos. Edit. Omega S. A. Barcelona, España
12. - LAIRD, R. J. y RODRIGUEZ, J. H. 1965. Fertilización de Maíz de temporal en Regiones de Guanajuato, Michoacán y Jalisco. Folleto Técnico No. 50 L. N. I. A. S. A. G. MEXICO.
13. - LAIRD, R. J. 1968. Técnicas de Campo para Experimentos con Fertilizantes. Folleto de Investigación No. 9 CIMMYT. México.
14. - LAIRD, R. J. 1969. Metodología Empleada para Estudiar las Necesidades de los Fertilizantes. Tomado de: Temas Selectos de Fertilidad de Suelos y Génesis, Morfología y Clasificación de Suelos. Soc. Mex. de la Ciencia del Suelo
15. - MASSEY, H. J. 1971. Effects of Nitrogen Rates and Plant Spacing on Sunflower Seed Yields and Other Characteristics Agron. Journal Vol. 63: 137-138
16. - MORENO DAHME, R. 1958. Recopilación de métodos, para análisis físicos y químicos de suelos (en mimeógrafo). Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, S. A. G. México, D. F.
17. - ORTIZ MONASTERIO, R. 1963. El Plan Jalisco, sus Realizaciones y Limitaciones. Memorias del 1er Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.
18. - PANZE, V. G. y SUKHATME, P. V. 1963. Métodos Estadísticos para Investigadores Agrícolas. Fondo de Cultura Económica
19. - P. L. A. T. 1966. BOLETIN METEOROLOGICO No. 1
20. - RICHARDS, L. A. (EDITOR) 1959. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Manual 60 del Depto. de Agricultura de E. U. A. Traducción del L. N. I. A. S. A. G. en 1962.
21. - ROBINSON, R. G. 1970. Sunflower Date of Planting and Chemical Composition at Various Growth Stages. Agron. Journal Vol. 62: 665-666

22. - ROBINSON, R. G. , JOHNSON, F. K. and SOINE, O. C. 1967. The Sunflower Crop in Minnesota. Extension Bulletin 299. Agricultural Extension Service. University of Minnesota. U. S. A.
23. - TORRES, B. M. y ORTEGA, T. E. 1969. Fertilización del Trigo en el Valle del Mayo. Folleto Técnico No. 54 I. N. I. A. S. A. G. Chapingo, Méx.
24. - WALKLEY, A. 1947. A Critical Examination of A Rapid Method for Determining Organic Carbon in Soils. Effect in Digestion Conditions and of Organic Soil Constituents. Soil Sci. 63: 251-264

## VIII. APENDICE

CUADRO 1A. - Datos promedio sobre: floración, madurez fisiológica, número de plantas acamadas, achaparradas y con pudrición del tallo, en el lote experimental de fertilización en girasol establecido en el Valle de Guadalajara. Ciclo 1971.

Trat.	Fórmula	Días a 50% Floración	Días a Madurez Fisiológica	No. de Plantas Acamadas	No. de Plantas Achaparradas	No. de Plan- tas con pu- drición del tallo.
1	0 - 0 - 0	71	117	3	1	9
2	0 - 80 - 0	70	115	3	5	13
3	0 - 160 - 0	72	117	3	2	10
4	40 - 40 - 0	68	114	5	3	15
5	40 - 120 - 0	68	115	4	4	15
6	80 - 0 - 0	70	115	3	4	15
7	80 - 80 - 0	70	115	4	4	14
8	80 - 160 - 0	70	116	5	4	17
9	120 - 40 - 0	70	114	2	4	15
10	120 - 120 - 0	70	115	6	4	17
11	160 - 0 - 0	72	116	9	4	13
12	160 - 80 - 0	70	115	3	3	16
13	160 - 160 - 0	69	115	4	5	18
14	80 - 80 - 40	67	114	7	3	14
15	80 - 80 - 80	69	115	4	4	18

CUADRO 2A. - Análisis de Covarianza para los datos de rendimiento de grano de girasol, a nivel parcelario, expresado en kg/ha y análisis de varianza del lote experimental, ajustado por covarianza.

## ANALISIS DE SUMAS DE CUADRADOS Y PRODUCTOS

FUENTE DE VARIACION	G. L.	S X <sup>2</sup> (POBLACION)	S X Y (PRODUCTOS)	S Y <sup>2</sup> RENDIMIENTOS)
BLOQUES	3	652.375	47.843	4.724
TRATAMIENTOS	14	1907.312	27.066	2.012
ERROR	42	2891.125	130.410	11.541
TRAT ERROR	56	4798.437	157.476	13.553

## ANALISIS DE VARIANZA AJUSTADO POR COVARIANZA

FUENTE DE VARIACION	G. L.	S. C.	C. M.	F. C.	F TABLAS 0.05
ERROR	41	5.6585	0.1380		
TRAT ERROR	55	8.3851			
TRATAMIENTOS (MEDIAS AJUSTADAS)	14	2.7265	0.1947	1.411	1.94

COEFICIENTE DE VARIACION = 10.5%  
 COEFICIENTE DE REGRESION = 0.0451  
 VARIANZA PROMEDIO = 0.1445  
 EFICIENCIA RELATIVA = 190.14%

CUADRO 3A. - Número promedio de plantas de girasol, rendimientos medios sin corregir y rendimientos medios corregidos, expresados en ton/ha; para cada uno de los tratamientos estudiados.

Trat.	Fórmula	X Media (Población)	Y Media (Sin corregir)	Y Media (Corregida)
1	0 - 0 - 0	84.00	1.389	1.291
2	0 - 80 - 0	88.00	1.525	1.377
3	0 - 160 - 0	86.50	1.519	1.374
4	40 - 40 - 0	84.00	1.613	1.515
5	40 - 120 - 0	82.00	1.463	1.427
6	80 - 0 - 0	82.50	1.612	1.585
7	80 - 80 - 0	80.50	1.602	1.570
8	80 - 160 - 0	72.00	1.477	1.605
9	120 - 40 - 0	73.75	1.456	1.551
10	120 - 120 - 0	76.25	1.482	1.525
11	160 - 0 - 0	73.25	1.374	1.503
12	160 - 80 - 0	74.25	1.404	1.484
13	160 - 160 - 0	68.75	1.490	1.678
14	80 - 80 - 40	74.75	1.443	1.569
15	80 - 80 - 80	81.00	1.412	1.420

Promedio X (Población) = 78.76

Coefficiente de Regresión = 0.0451

CUADRO 4A. - Procedimiento y cálculos seguidos para probar la significancia del coeficiente de regresión (0.0451) mediante la prueba de t.

$$\sum dyx^2 = \sum y^2 - \left( (\sum xy)^2 / \sum x^2 \right)$$

$$\sum y^2 = 11.541$$

$$\sum xy = 130.410 \quad (\sum xy)^2 = 130.410^2 = 17006.7681$$

$$(\sum xy)^2 / \sum x^2 = 17006.7681 / 2891.125 = 5.882$$

$$\sum dyx^2 = 11.541 - 5.882 = 5.659$$

$$S_{yx}^2 = \frac{5.659}{n-2} = \frac{5.659}{42} = 0.1347$$

$$S_{yx} = \sqrt{0.1347} = 0.367$$

$$S_b = 0.367 / \sqrt{2891.125} = 0.367 / 53.769 = 0.00682$$

$$t = \frac{0.04510}{0.00682} = 6.613$$

	CALCULADO	TABLAS	
		0.01	0.05
Valor de t	6.613**	2.576	1.960

CUADRO 5A. - Precipitaciones y temperaturas medias mensuales para Zapopan, Jal.

Mes	Precipitación media (mm) promedios de 12 años	Temperaturas medias (°C) promedios de 5 años
Enero	13.6	19.9
Febrero	4.3	20.8
Marzo	0.2	22.7
Abril	4.3	25.3
Mayo	24.8	27.0
Junio	189.2	25.8
Julio	250.9	26.7
Agosto	192.6	24.0
Septiembre	126.2	23.1
Octubre	74.4	24.0
Noviembre	10.1	21.4
Diciembre	15.5	20.8
A N U A L	906.1	23.5

FIG. 1A. Comparación entre la precipitación media mensual, promedio de 12 años y la del año del estudio, en el periodo de junio a octubre en Zapopan, Jal.

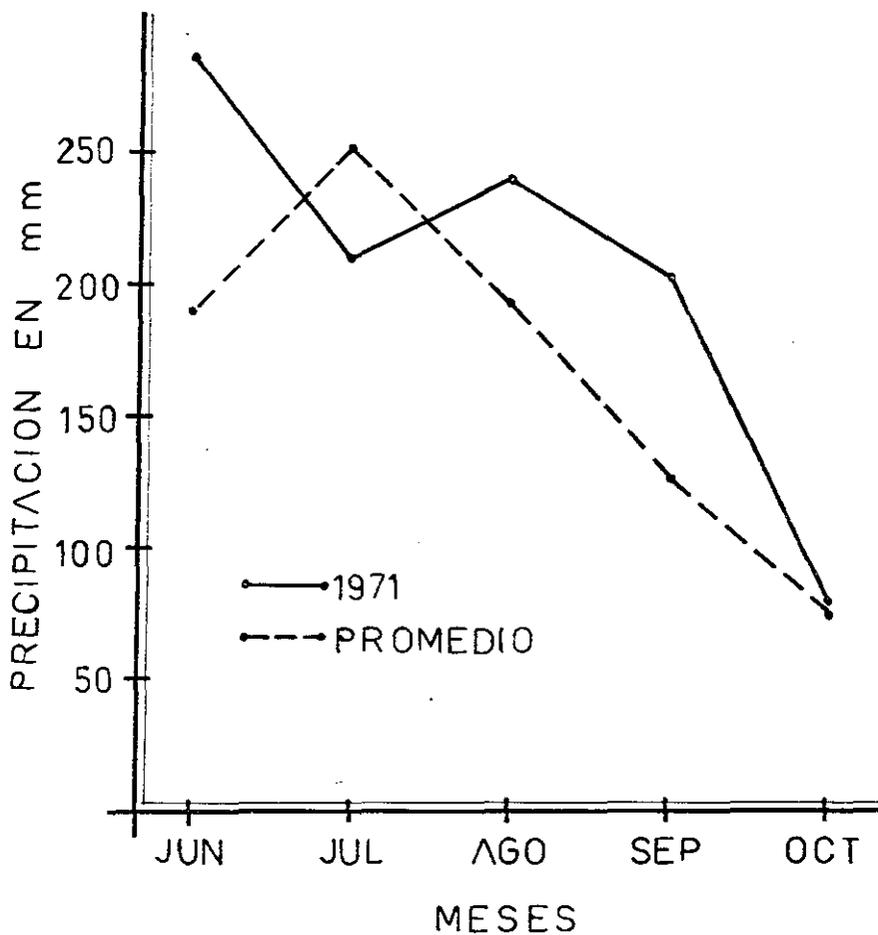


FIG. 2A. Comparación entre las temperaturas medias mensuales, promedio de 5 años y las del año del estudio, en el periodo de junio a octubre en Zapopan, Jal.

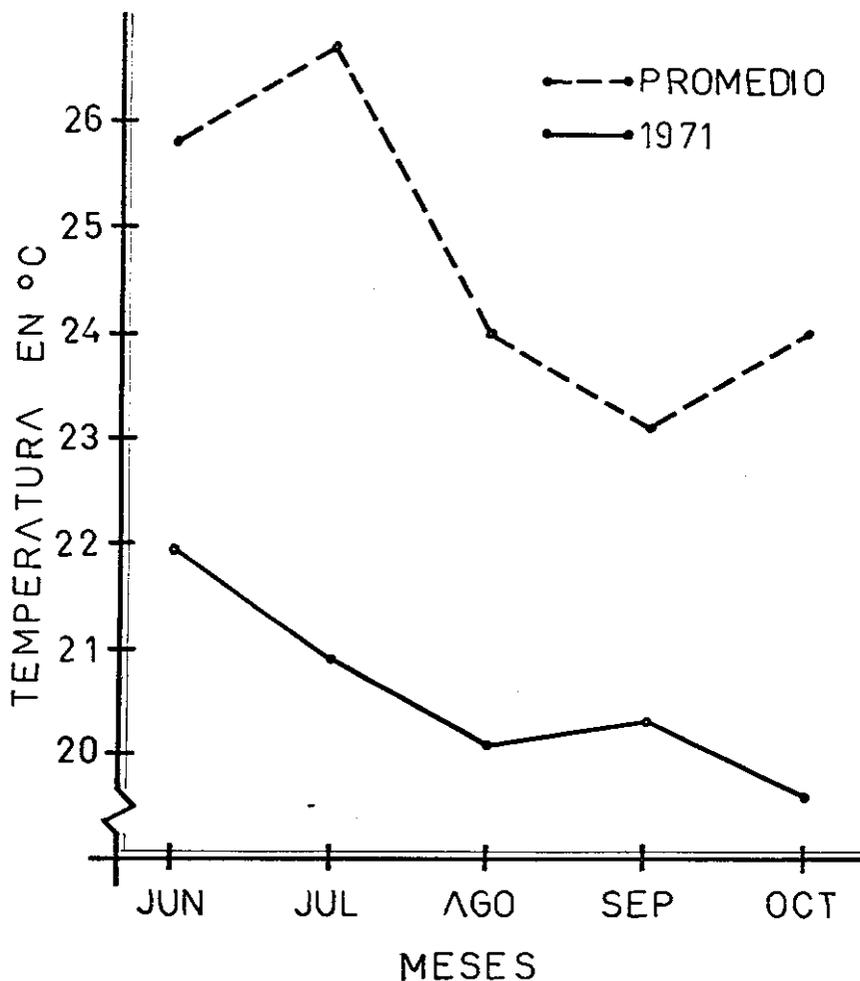


FIG. 3A. Distribución de parcelas y tratamientos en el lote experimental de fertilización en girasol, establecido en el Valle de Guadalajara, ciclo 1971.

