

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

## ESCUELA DE AGRICULTURA



**FERTILIZACION Y DENSIDAD DE SIEMBRA  
OPTIMO-ECONOMICA EN SORGO (*Sorghum  
bicolor* (L) Moench) EN CONDICIONES DE  
TEMPORAL EN EL VALLE DE AUTLAN  
EL GRULLO, JALISCO.**

**TESIS PROFESIONAL**

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE**

**ING. AGRONOMO**

**P R E S E N T A**

**LUIS L. VALERA MONTERO**

**GUADALAJARA, JAL.**

**1981**

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. 14 de Junio de 1980

C. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI  
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA  
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA  
P R E S E N T E .

Habiendo revisado la Tesis del PASANTE

LUIS L. VALERA MONTERO Titulada:  
" FERTILIZACION Y DENSIDAD DE SIEMBRA OPTIMO-ECONOMICA EN SORGO  
(Sorghum bicolor (L.) Moench) EN CONDICIONES DE TEMPORAL EN EL-  
VALLE DE AUTLAN-EL GRULLO, JALISCO."

Damos nuestra aprobacion para la im  
presion de la misma.

DIRECTOR DE TESIS

  
\_\_\_\_\_  
ING. RAYMUNDO VELASCO NUÑO

A S E S O R

A S E S O R

  
\_\_\_\_\_  
ING. BENJAMIN PONCE JUAREZ

  
\_\_\_\_\_  
ING. EDUARDO GOMEZ VILLARRUEL

ml.

DEDICO ESTE TRABAJO CON CARINO A:

Mis padres que son el mejor modelo de virtudes y sapiencia paternales que para mí existe.

Profr. José Luis Valera Herrera y

Profra. Ma. Luz Montero Godínez.

Mis hermanos de los que me enorgullezco, por su fuerte inclinación a la superación académica.

Victor Manuel,

Laura Elena,

Enrique Javier y

José Jaime.

ASIMISMO, LO DEDICO A:

La Escuela de Agricultura de Guadalajara, por ser ésta en donde  
me formé como profesionista.

El personal de INIA, con especial mención a:

Ing. José Villagómez Almanza,

Ing. Roberto Núñez Elisea y

Aydte. Bernardo Avalos Morán.

AGRADEZCO SINCERAMENTE:

La ayuda prestada en la dirección y revisión de esta tesis a:

Ing. Raymundo Velasco Nuño,

Ing. Benjamín Ponce Romero e

Ing. Eduardo Gómez Villarruel.

Las sugerencias e ideas que planteó el Ing. José Luis Ramírez Dfáz, con respecto al contenido del presente trabajo.

Al Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, el permítirme utilizar uno de sus estudios como tema de tesis.

A las secretarías Araceli Margarita Pelayo Pelayo, Alma Delia y Rosa Marfa Brambila C., por su excelente trabajo de mecanografiado -- del manuscrito.

A todas las personas que de alguna forma participaron en la - realización de esta tesis, y que involuntariamente dejo de mencionar.

CONTENIDO

	PAG.
INDICE DE CUADROS.....	II
INDICE DE FIGURAS.....	III
RESUMEN.....	IV
I. INTRODUCCION.....	<u>1</u>
II. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS.....	<u>2</u>
III. REVISION DE LITERATURA.....	3
1. El cultivo del sorgo.....	3
2. Fertilización y densidades.....	<u>9</u>
3. Dosis óptimas económicas.....	14
IV. MATERIALES Y METODOS.....	<u>18</u>
1. Descripción de la zona.....	18
2. Criterios de investigación que se aplicaron.....	21
3. Actividades de campo realizadas.....	25
4. Análisis estadístico.....	28
5. Análisis económico.....	28
V. RESULTADOS Y DISCUSION.....	38
1. Rendimientos unitarios y análisis de varianza.....	38
2. Métodos para determinar las DOE.....	38
3. Respuesta a los factores en estudio.....	42
VI. CONCLUSIONES.....	57
VII. BIBLIOGRAFIA.....	59

## INDICE DE CUADROS

Cuadro	PAG.
1 Dosis óptimas económicas obtenidas por experimento (en el resumen).....	V
2 Producción de sorgo en algunos países Latinoamericanos...	6
3 Superficie, rendimiento y producción de grano de sorgo en el ciclo primavera-verano 1978 en los principales estados productores.....	7
4 Lista de Tratamientos ajustados a la matriz Plan Puebla - II.....	23
5 Algunas propiedades químicas de los suelos donde se realizaron los ensayos.....	26
6 Rendimientos medios de grano.....	39
7-10 Análisis de varianza de los tratamientos del cubo de cada experimento.....	40
11-18 Análisis de dominancia de tratamientos y análisis marginal de tratamientos no dominados de cada experimento.....	51
19 Dosis óptimas económicas calculadas para los sitios donde se establecieron los experimentos.....	55
20 Precipitación registrada en Autlán y El Chante, Jal.....	56

## INDICE DE FIGURAS

Figura		PAG.
1	Ubicación de los experimentos.....	19
2	Representación gráfica de la matriz Plan Puebla II, para tres factores: dosis de fertilización nitrogenada y fosfórica y densidad de siembra.....	24
3-14	Gráficas de respuesta de los factores en estudio.....	43

## RESUMEN:

Se llevaron a cabo cuatro experimentos en el valle de Autlán - - El Grullo, Jal., con el fin de obtener la dosis óptima económica de fertilización y densidad de siembra en sorgo.

Los nutrimentos que se estudiaron fueron nitrógeno, fósforo y una observación de potasio (testigo); variando en un espacio de exploración de 46 a 154 kg/ha para nitrógeno y de 3 a 57 kg/ha de fósforo.

Para el estudio de la densidad de siembra, el espacio de exploración varió de 8.6 a 19.4 kg de semilla por hectárea.

La variedad INIA - Jonás fue empleada en el diseño de tratamientos y testigos adicionales; también se emplearon las variedades INIA - Huichol y Master Gold únicamente como testigos adicionales.

Los tratamientos se arreglaron de acuerdo a la matriz Plan Puebla II, con testigos adicionales ya mencionados.

Se emplearon dos métodos para determinar la dosis óptima económica (DOE): el método gráfico modificado por Turrent, y el método de análisis de beneficios netos y costos variables de Perrin et al.

Los resultados obtenidos impidieron que el método gráfico modificado por Turrent se aplicará en su totalidad, aunque las gráficas que se elaboraron, permiten deducir que el tratamiento testigo 0-0-0, 14.0 D.S. -- fue el mejor en la mayoría de los casos.

Con el método de Perrin et al se pudo corroborar esto, al resultar superior el mencionado tratamiento en tres localidades de las cuatro -

estudiadas. Ver Cuadro 1.

CUADRO 1. DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS OBTENIDAS POR EXPERIMENTO.

No. DE EXPTO.	kg/ha		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SEMILLA
1	0	0	14.0
2	0	0	14.0
3	46	21	12.2
4	0	0	14.0

Las conclusiones a que se llegó fueron:

- a) Los resultados son similares en tres sitios. Confirmación de la hipótesis de trabajo.
- b) Por ser resultados de sólo un año (1979), es necesario tener en cuenta la precipitación del mismo antes de dar una recomendación.
- c) El óptimo obtenido se puede generalizar en la dosis 0-0-0, -- 14.0 DS.
- d) La falta de respuesta a fertilización se atribuyó a la escasez de agua de lluvia disponible.
- e) Los resultados de este estudio son más uniformes que los de sus antecedentes.
- f) El óptimo de siembra obtenido (14.0 kg/ha de semilla), es congruente con el óptimo del ciclo anterior (12.2 kg/ha de semilla).
- g) No es recomendable el uso de potasio, pues es una inversión más

con poco o nulo efecto económico positivo.

h) Los espacios de exploración utilizados para los fertilizantes en este estudio se consideraron muy amplios.

i) Las respuestas económicas que se obtuvieron para los fertilizantes explican la actitud del agricultor de no adicionarlos en la siembra, sino hasta cuando ya tiene según su propia experiencia indicios de la regularidad del temporal.

## I.- INTRODUCCION

Tomando en cuenta que en algunas áreas que comprende el valle de Aatlán-El Grullo, el temporal presenta restricciones en cuanto a cantidad y distribución de lluvia, y considerando que el sorgo es un cultivo tolerante a la sequía, se han observado importantes incrementos en cuanto a su superficie sembrada del mismo en esta región en los últimos años: un 23.8% - respecto a lo sembrado en 1978.

El manejo que le dan los agricultores a este cultivo en lo que se refiere a fertilización, es muy parecido al del maíz. Muchos no practican la fertilización de este cultivo y los que lo hacen aplican cantidades de nitrógeno que varían de 40 a 130 kg. por hectárea, existiendo fuertes discrepancias en cuanto a las dosis empleadas.

Algo similar ocurre con respecto a las densidades de siembra utilizadas; pues se basan en recomendaciones de técnicos locales, o de técnicos que laboran en casas comerciales, que expenden semillas; o bien extrapolando información obtenida en otros campos experimentales del país, lo que hace que éstas sean muy variadas.

El problema de no disponer de información local dificulta definir las recomendaciones adecuadas para el cultivo en cuanto a fertilización y densidad de siembra. Este hecho planteó la necesidad de efectuar trabajos de investigación que son el tema de este estudio.

Se considera que la información obtenida en este trabajo contribuirá a la obtención de las dosis óptimas económicas de fertilización y siembra en esta región para el sorgo; dando margen a nuevos trabajos que permitirán una definición más completa de las mismas.

## II.- OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS

### Objetivos.

Determinar para los distintos tipos de suelo del valle de Autlán-El Grullo, los niveles óptimos tanto de nutrimentos como de semilla utilizada que resulten mayormente redituables al agricultor.

### Hipótesis.

El sorgo bajo condiciones adecuadas de humedad y con aplicación de fertilizante, produce mayores rendimientos a comparación con el mismo cultivo sin fertilizar.

Se obtendrán resultados con un cierto grado de similitud, al comparar éstos entre sí por sitios estudiados.

### Supuestos.

En el valle Autlán-El Grullo, existe variación de condiciones ambientales como son: suelo, agua (de lluvia), temperatura y humedad relativa.

Los experimentos se situaron en puntos representativos de la mayor parte del valle.

Existen en las siembras de sorgo, un límite económico (hasta donde es rentable) y un límite fisiológico de aprovechamiento nutrimental de nitrógeno y fósforo que están muy relacionados con la densidad del cultivo.

Existe variación entre sitios sobre sus límites económicos y fisiológicos de aprovechamiento nutrimental, por efecto de la diversidad de microambientes.

Los espacios de exploración de las variables estudiadas son los adecuados.

## III.- REVISION DE LITERATURA

## 1. El cultivo del sorgo.

## 1.1. Origen y distribución geográfica del sorgo. ←

Existen indicios de que es originario del África Oriental probablemente de Etiopía, Sudán y Abisinia, y que habría aparecido en tiempos -- prehistóricos, entre 5,000 y 7,000 años atrás o tal vez más.

Por la superficie sembrada, es el quinto cultivo del mundo, después del trigo, arroz, maíz y cebada. Se cultiva en los seis continentes, - en regiones donde la temperatura media excede en verano los 20°C y la estación sin heladas es de 125 días o más. Los principales países productores - en 1966 fueron Estados Unidos, China Continental, India, Nigeria, México, - Argentina, Sudán y La República Árabe Unida (RAU). Los más altos rendimientos se dieron en la RAU, Estados Unidos, Francia y México. Martín (1975).

## 1.2. Taxonomía y características generales de los sorgos.

Según Hitchcock (1950), y Martín (1975) la clasificación botánica es la siguiente:

División	Fanerógama
Sub-División	Angiosperma
Clase	Monocotiledoneae
Orden	Glumiflorae
Familia	Gramineae
Sub-Familia	Panicoideae
Tribu	Andropogoneae
Género	Sorghum
Especie	vulgare (Linn), según Hitchcock bicolor (Linn) Moench, según Martín. ←

El sorgo tiene capacidad para tolerar la sequía, aunque entre variedades, la respuesta puede diferir mucho. La altura de planta varía de 0.6 a 5 metros. El diámetro de la base del tallo principal varía entre uno y cinco centímetros. Los macollos y las ramificaciones laterales son mucho más pequeños. Los tallos son macizos, pero la parte central con frecuencia se vuelve esponjosa y fistulada. Quinby et al (1958).

Poseen sistemas radicular fibroso muy amplio, profundo y ramificado, permitiendo aprovechar un gran volumen de suelo. En estado de completa madurez, las raíces pueden alcanzar longitudes de 1.20 a 1.80 metros en suelos profundos y permeables. Mela citado por González (1973).

Como en otras gramíneas, las hojas del sorgo forman dos hileras, o sea que son disticas, alternan en lados opuestos y aparecen aproximadamente en un mismo plano. Las hojas por lo general, forman con el tallo un ángulo de 180°. Al madurar, la planta tiene entre 7 y 28 hojas. Artschwager (1948) y Vinall et al (1936).

La distancia que separa los estomas o poros de la epidermis del sorgo, equivale a unos dos tercios de la que se observa en el maíz, pero su número por unidad de superficie es superior en un 50%, siendo el área estomática aproximadamente igual. El comportamiento de los estomas es la razón de la tolerancia a la sequía, pues aún durante periodos de sequía graves, sus estomas se abren un poco durante el día. En cambio los de maíz se abren apenas en las primeras horas de la mañana y luego permanecen cerrados el resto del día. Quinby et al citados por Freeman (1975).

Las flores se presentan como una inflorescencia en forma de panícula, la cual puede ser abierta, compacta o semi-compacta, siendo abierta en los sorgos forrajeros; las espiguillas son de dos clases: sésiles y --

pediceladas, siendo estas últimas estériles. Las flores son hermafroditas con un porcentaje de polinización cruzada muy baja, entre el 2 y 6%. Los estigmas son receptivos antes de que abra la flor, en un lapso de 14 - 16 días después de iniciada la floración. Florea de la parte superior de la espiga hacia la base, y dependiendo de la temperatura, la polinización dura de 8 a 10 días. Hayes et al (1955).

Las semillas son de forma redonda, y su color cambia según la variedad, desde el blanco hasta un castaño rojizo muy intenso, con matices intermedios de rosa, rojo, amarillo, castaño, gris y otros. El color del grano está determinado por la pigmentación del pericarpio, la testa y el endosperma, y hay genes específicos para cada una de esas partes. Quinby y Schertz (1975).

El grano forma lo que botánicamente se llama cariósipide; tiene un endospermo formado casi en su totalidad por almidón, que cuando le falta agua en su fase lechosa, se arruga y tiene poco peso. Chena (1960).

### 1.3. Importancia del sorgo a nivel nacional e internacional.

En México se había experimentado en sorgo, un poco antes de la Revolución, por parte de Escobar en Ciudad Juárez, Chih., perdiéndose noticias sobre el cultivo hasta el año de 1944, en que la Oficina de Estudios Especiales introdujo algunos cultivares para fines de experimentación probándose en Chapingo y El Bajío. González (1973).

El cultivo del sorgo para grano empezó a tomar importancia en 1958 en el norte de Tamaulipas (Rfo Bravo), adquiriendo con el transcurso de los años una ampliación del área con este cultivo; siendo en la actualidad una de las zonas donde se cultiva mayor superficie. Al mismo tiempo en otras zonas se ha aumentado, no sólo la superficie sembrada, sino también

los rendimientos obtenidos en El Bajío (Guanajuato principalmente), y la -  
costa del Pacífico (Sinaloa). INIA. Mencionado por González (1973).

Aunque ya se ha señalado el destacado lugar de México dentro de  
los países que tienen los mayores volúmenes de producción de este grano, -  
es conveniente señalar la importancia que comenzó a tomar en América Lati-  
na hace un poco más de una década. En el Cuadro 2 se puede observar que Mé-  
xico ya figuraba en 1966 en el segundo lugar por superficie y producción.  
Anónimo (1969).

CUADRO 2. PRODUCCION DE SORGO EN ALGUNOS PAISES LATINOAMERICANOS\*

Países	SUPERFICIE Ha.		PROD. Ton/métrica	
	1956	1966	1956	1966
ARGENTINA	238,000	1,123,000	256,000	2,386,000
CUBA	15,000	25,000	12,000	27,000
EL SALVADOR	99,000	107,000	108,000	115,000
GUATEMALA	19,000	20,000	12,000	112,000
HONDURAS	59,000	75,000	48,000	62,000
MEXICO	-----	542,000	-----	1,341,000
NICARAGUA	48,000	50,000	53,000	50,000
PARAGUAY	3,000	3,000	4,000	4,000
URUGUAY	6,000	3,000	4,000	2,000
TOTALES	487,000	1,948,000	497,000	4,099,000

\*Fuente: Anuario de Producción, 1967. Volumen 21. Organización -  
de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Roma.

Tomado de Agricultura de las Américas. Anónimo (1969).

Desde 1966 a 1978, el volumen de producción de sorgo ha aumentado en poco más de 2.8 millones de toneladas a la cantidad que se produjo en 1966. La producción total del país en 1978 sobrepasó a los 4 millones de toneladas, siendo los principales estados productores Guanajuato, Tamaulipas y Jalisco. Ver Cuadro 3.

Cuadro 3. Superficie (ha), rendimiento (kg/ha) y producción de grano de sorgo (ton) en el ciclo primavera-verano 1978 en los principales estados productores.\*

Entidad	Superficie (ha)	Rendimiento (kg/ha)	Producción (ton)
Jalisco	201,679	3.600	726,052
Guanajuato	297,618	3.754	1'117,354
Sinaloa	114,677	2.764	317,006
Tamaulipas	467,713	2.251	1'052,675
Nuevo León	41,641	3.159	131,525
Sonora	16,793	3.000	50,379
Michoacán	113,754	3.025	344,057
Subtotal	1'223,875		3'739,048
Otros	142,683		446,007
Total	1'396,558		4'185,055

\*Fuente: Dirección General de Economía Agrícola. SARH 1978.

#### 1.4. Adaptación del sorgo.

En el caso de las plantas cultivadas, su distribución además de ser determinada por factores climáticos, edáficos y bióticos (no antropocéntricos), ha sido influenciada grandemente por el hombre. Livera (1979).

El área de producción de los cultivos también está determinada por factores económicos y sociales; es importante el concepto de ambiente social de las plantas cultivadas, el cual comprende las fuerzas económicas, políticas, históricas, técnicas y sociales. Klages (1942).

El sorgo es una planta que se siembra principalmente en regiones cálidas sub-húmedas y semi-áridas. Es un cultivo estival y soporta mejor las altas temperaturas que la mayoría de los otros cultivos, pero cuando éstas son extremas pueden reducir su rendimiento en grano.

Crece en todo tipo de suelos; en las regiones donde más se cultiva, su característica más importante es la capacidad de extraer agua del suelo para su crecimiento. Se lo cosecha bien en los suelos cuyo pH oscila entre 5.5 y 8.5 y tolera la salinidad, alcalinidad y el escaso drenaje Kramer y Ross (1975).

El sorgo en nuestro país es un ejemplo de una planta que se cultiva bajo condiciones donde no puede expresar las propiedades que en otros países le han dado la gran importancia que tiene; es decir, que por ser principalmente cultivado bajo riego no se explota su mayor resistencia a la sequía que la de otros cultivos. Además por diversos factores del ambiente social se le ha asignado como principal utilización la alimentación del ganado a través de alimentos balanceados fabricados también por compañías transnacionales, principalmente. Livera (1979).

### 1.5. Usos del sorgo.

El sorgo tiene una gran variedad de usos, los cuales incluyen - tanto a la planta como al grano. El grano puede emplearse como alimento pa-  
ra aves de corral o para mamíferos, en especial para bovinos. Se les puede  
suministrar el grano entero, pero se tienen dificultades digestivas que im-  
piden aprovecharlo totalmente; también se puede dar como alimento de mayor  
digestibilidad, si es molido, aplastado en seco, remojado, granulado (com-  
primidos), y otras formas más. La planta puede henificarse, utilizarse en  
verde como forraje, ensilarse con el grano en estado lechoso y emplearse -  
como rastrojo, después de haber cosechado la panícula. Hale (1975).

→ El grano se utiliza en la alimentación humana, en harinas y tor-  
tillas por su gran valor alimenticio; de la cosecha mundial de sorgo, el -  
75% se destina a este concepto. Kramer y Matz (1969).

En la industria, se emplea como materia prima para la producción  
de alcoholes, en la industria de la construcción (fabricación de tabiques),  
aglomerante de fundición, refinación de minerales, aglomerante de carbón,  
almidón de perforación de pozos petroleros, fabricación de papel, adhesi-  
vos y otros. Hahn (1975).

### 2. Fertilización y Densidades.

Por fertilización adecuada, debe entenderse el suministro máximo  
necesario para llegar al punto en que la aplicación de un kilogramo adicio-  
nal de fertilizante deje de producir ganancias en los ingresos que se ob-  
tengan de la cosecha. Anónimo (1969).

Las diferentes especies de plantas, así como las variedades den-  
tro de una misma especie pueden diferir en su respuesta a las presiones nu-  
trimentales por deficiencia o exceso. Para alcanzar los máximos rendimien-

tos, en el pasado, el suelo ha sido modificado para adaptarlo a las plantas, pero en la actualidad debe considerarse cambiar la planta para adaptarla al suelo y de esta forma hacerlos compatibles. Una planta eficiente resiste el estrés al alterar su metabolismo y hacer el elemento aprovechable, en contraste a las ineficientes que no son capaces de resistirlo por lo que desarrollan deficiencias nutrimentales. Brown y Jones (1977).

La absorción nutrimental es más rápida en los genotipos de sorgos precoces que en los tardíos. En ambos casos, las plantas pueden absorber la mitad de los nutrimentos requeridos antes del rápido desarrollo vegetativo (de 20 a 30 días después de la emergencia), de aquí la importancia de abastecer a las plantas cuando su desarrollo es temprano; por lo que se sugiere que los muestreos para análisis nutrimental se efectúen entre 25 a 36 días, después de la siembra para un diagnóstico eficiente. -- Lockman y Jacques et al mencionados por García (1979).

Al analizar en conjunto los resultados obtenidos en sorgo con -- fertilización durante cuatro años en las tierras centrales temporales de Sudán, se asentó que las aplicaciones de NP y NPK tienen un incremento significativo en el rendimiento de grano. De estos trabajos se pudo concluir que los incrementos económicos pudieron ser obtenidos por la aplicación de nitrógeno (42.8 kg/ha). La aplicación de  $P_2O_5$  y  $K_2O$  aumentan en forma considerable los costos de producción, sin obtenerse retornos económicos apreciables. Alf y Salih (1972).

En un experimento realizado en La Cal Grande, Gto., con tres variedades de sorgo y como variantes los niveles de fertilización nitrogenada y diferentes espaciamientos entre surcos, se encontraron diferencias -- significativas para variedades y dosis de nitrógeno. Aunque no hubo dife--

rencias significativas debido al espaciamento entre surcos, los más altos rendimientos se produjeron cuando se distanciaron a 60 cm de separación. - Muñoz y Rachie (1956).

En experimentos conducidos en el Valle Imperial, Calif., resultó que las aplicaciones de 40, 80, ó 160 libras de N/acre, aumentaron el rendimiento de grano desde 3,044 a 4,705 lb/acre. Altas dosis de fertilización resultaron más efectivas aplicándolas en varias fracciones que en una sola. La producción de materia seca alcanzó el máximo a los 63 días después de la siembra. La absorción mayor de nitrógeno ocurrió entre los 25 y 60 días del ciclo vegetativo. No se mostró efecto en crecimiento ni en rendimiento de grano por la adición de fósforo. Raheja y Kranz (1958).

Al estudiar en Bushland, Texas, el efecto del espaciamento en el cultivo del sorgo bajo riego, se obtuvo que el rendimiento de grano con 200 lb de N por acre fue significativamente mayor con espaciamentos de 12 y 60 pulgadas. La cantidad de semilla mostró muy poco efecto sobre el rendimiento de grano, pero altas densidades de siembra incrementaron la producción de forraje. Porter, Jensen y Sletten (1960).

En trabajos realizados en 19 lugares del sureste de Kansas, se determinó el efecto de varios niveles de nitrógeno y fósforo sobre la producción de grano de sorgo bajo condiciones de riego. Generalmente los niveles de 80 a 90 lb de N/acre produjeron altos rendimientos. Sin embargo, empleando líneas de regresión, comprobaron que los tratamientos con nitrógeno no aumentaron los rendimientos en relación a los testigos. No se presentó aumento significativo en el rendimiento debido a la aplicación de fósforo. Herron y Erhardt (1960).

Investigando la influencia de las diferentes dosis de nitrógeno, fósforo y potasio sobre el rendimiento de grano de sorgo en el noreste de Oklahoma, se encontró que todos los tratamientos que recibieron N o N + P, produjeron mayores rendimientos que los testigos y los que tenían P solamente. Las aplicaciones de N y P al suelo, aumentaron el contenido de ellos en las hojas. No se presentó respuesta significativa al potasio. Lowell, Hardolf y Billy (1964).

✧ En el estudio del efecto de distanciamiento entre surcos, densidad de siembra y dos niveles de fertilización nitrogenada y fosfórica sobre el rendimiento de forraje y de grano de sorgo, los resultados obtenidos indicaron que una distancia de 45.7 cm entre surcos produjo rendimientos mayores de forraje y de grano, que distanciamientos menores. Se observaron incrementos significativos en la producción de forraje con densidades altas de siembra, no así en la producción de grano. La aplicación de fertilizante aumentó significativamente la producción de forraje, así como el rendimiento de grano. Sin embargo, al realizar el análisis económico, se encontró que el mayor beneficio neto se obtuvo con el nivel más bajo de fertilizante. Concluyeron que 45.7 cm entre surcos, 18 kg de semilla por hectárea y 11.2 kg de N/ha. más una cantidad igual de P/ha., era lo más recomendable para obtener los mejores rendimientos. Patel, Agarwal y Patel (1969).

En estudios realizados en el Delta del Río Culiacán, se observó que las aplicaciones de nitrógeno incrementaron la producción de grano de sorgo. La fertilización fosfórica y potásica no influyó significativamente en el rendimiento. Alvarado (1967).

Al investigar el efecto de diferentes densidades de siembra sobre

el rendimiento, con el sorgo de grano Nk-310 en Sto. Domingo, B.C.S., resultó que con 16 kg/ha de semilla se obtienen los más altos rendimientos en esa región. No se encontraron diferencias significativas en sembrar de 14 a 18 kg por ha, con respecto al tratamiento sobresaliente. En este trabajo se concluyó que la densidad de población, tiene influencia en la altura de planta, tamaño y peso de la panoja. Castro (1972).

En el estado de Aguascalientes, se estudió durante tres años la fertilización en sorgo forrajero Sudax X-11. En este estudio se concluyó que la dosis que permite obtener los más altos rendimientos de forraje es la 120-40-0 con aplicación única a la siembra; y la dosis óptima económica, graficada en las curvas de respuesta tanto para nitrógeno como para fósforo fue la 39-44-0.

Otra conclusión importante es que no es recomendable la aplicación de potasio, y que es preferible una fertilización única en la siembra que aplicar dos fraccionadas. González (1973).

En un ensayo de fertilización de sorgo para grano, efectuado en terrenos de la Escuela de Agricultura de Guadalajara, se obtuvieron resultados que hacen concluir que existe respuesta a la fertilización nitrogenada y fosforada con la dosis 100-80-0; sin embargo, no se encontró respuesta a la adición del potasio. González (1975).

En el temporal 1978 se establecieron 5 experimentos de fertilización y densidad de siembra de sorgo en el valle de Autlán-El Grullo, de los cuales sólo de 4 se tuvieron resultados.

Las conclusiones que se obtuvieron de estos trabajos son las siguientes:

No hubo respuesta favorable hacia los factores de estudio en la mayoría de los experimentos.

Los óptimos-económicos calculados para nitrógeno variaron de --  
46 - 82 kg de N/hectárea.

Los óptimos-económicos para fósforo variaron de 3 - 21 kg de --  
P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha.

La densidad de siembra óptima coincidió en todas las localidades, y fue de 12.2 kg de semilla/hectárea.

Hubo ligera respuesta a potasio en dos de los sitios estudiados, Villagómez (1978).

### 3. Dosis óptimas económicas (DOE).

Los métodos más usuales para la determinación de las DOE son las siguientes:

- 1.- Método matemático
- 2.- Método gráfico modificado por Turrent
- 3.- Método propuesto por Perrin et al
- 4.- Método de Perrin et al modificado por Turrent. (Según Barajas 1978).

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

En el caso de obtener respuesta en que no haya lugar a duda al utilizar gráficas, la mejor interpretación se logra con el método gráfico - modificado por Turrent, que substituye adecuadamente al matemático cuando no se tienen las facilidades que proporciona un Centro de Cálculo. Estrada (1977).

El método de Perrin et al, es un análisis económico de los tratamientos a los que se aplica un diferente concepto de marginalidad, ya que los incrementos no son calculados en relación al tratamiento testigo sino al tratamiento inmediato inferior no dominado (con costos variables inferiores) con respecto al tratamiento sobresaliente. Estas comparaciones sucesivas de tratamientos no dominados respecto a los beneficios netos obtenidos, dan una serie de tasas de retorno del capital que permite hacer la elección de la mejor inversión. Perrin et al (1976).

Al comparar tres metodologías para la obtención de DOECI (DOE para capital ilimitado) y DOECL (DOE para capital limitado): Método gráfico modificado por Turrent, Método de Perrin et al y el Método gráfico modificado por Laird, llegó a los siguientes resultados: Que en las determinaciones existieron discrepancias entre el Método gráfico modificado por Turrent con respecto a los otros dos métodos, siendo las DOE determinadas por estos dos últimos bastante similares. Por lo que consideró en su trabajo que las DOE, determinadas por el Método gráfico modificado por Turrent, tienen mayor precisión, por descomponer el efecto de repetición escondida, lo -- cual es una característica de los diseños factoriales. A medida que se aumenta el número de repeticiones y se seleccionen adecuadamente el espacio de exploración y la matriz experimental, posiblemente coincidirán las DOE determinadas por los tres métodos para un experimento. Ortiz citado por -- Rodríguez (1978).

En un estudio de comparación de tres métodos, el matemático, el gráfico modificado por Turrent y el de Perrin et al, para la obtención de DOECI y DOECL, se menciona que en 7 de los 26 casos involucrados para estudiar nitrógeno, 6 para fósforo y 7 para densidad de población, se observó coincidencia de los tres métodos para determinar DOECI, para estimar la -- DOECL, los métodos gráfico y Perrin et al, coinciden en 23 de los 26 sitios estudiados para N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y DP. Estrada (1977).

En un trabajo en que se compararon 4 métodos para estimar las DOE, se llegó a las siguientes conclusiones:

a) Las DOE calculadas mediante el Proc-NLIN, se ajustan con bastante precisión a lo observado en las gráficas de los experimentos.

b) El Método gráfico modificado por Turrent aumenta la precisión del experimento para la estimación de la DOE y es el que más se aproxima al procedimiento utilizado como comparador.

c) El Método de Perrin et al resulta útil cuando la interpretación de los experimentos no se puede hacer de una manera gráfica, además dado que trabaja con variables discretas, es útil cuando el espacio de exploración es reducido y la matriz experimental utilizada es eficiente en cuanto al sesgo.

d) El Método Perrin - Laird es más preciso que el anterior, dado que trabaja con variables continuas, sin embargo está en desventaja este método cuando se selecciona una de las aristas prolongadas para estimar la DOE.

e) El Método Martínez Garza - Stepwise resulta ser el menos preciso de todos, ocasionando esto por fallas en la selección de variables -- que entran en el modelo de regresión.

f) Finalmente la selección de alguno de los métodos para la estimación de las DOE dependerá de las facilidades de acceso a un Centro de -- Cálculo y de las condiciones de los experimentos. Sin embargo, en general, el método más ventajoso es el gráfico modificado por Turrent, Aveldaño y - Volke.

#### IV.- MATERIALES Y METODOS

##### 1. Descripción de la zona.

El área de estudio del presente trabajo, está comprendido dentro de los municipios de El Grullo y Autlán, Jal.

Los sitios en que se implantaron los experimentos, están localizados entre los meridianos  $104^{\circ}15'$  y  $104^{\circ}22'$  Longitud Oeste y los paralelos  $19^{\circ}41'$  y  $19^{\circ}50'$  Latitud Norte.

Las carreteras más importantes que pasan por esta área son: Guadalajara-Barra de Navidad, El Corcovado-El Limón, la carretera vieja Autlán-El Grullo. Véase figura 1.

##### 1.1. Suelos.

Los tipos de suelos predominantes son: Feozem háptico, Feozem gleico, Feozem lúvico, Litosol y una mínima porción de Regosol édrico.

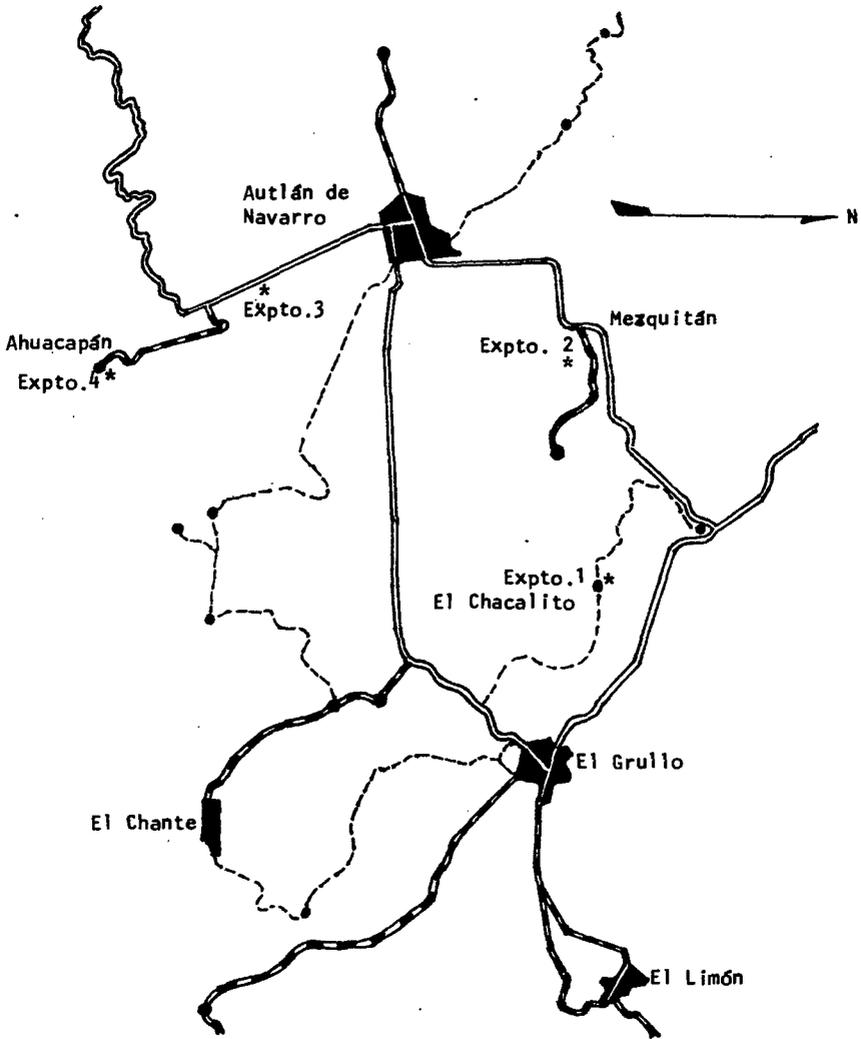
##### 1.2. Climatología.

De acuerdo a la clasificación de García (1970), el área tiene dos climas principales, cuyas características son:

$$Aw_0 (w) (i')$$

Pertenece al grupo de climas cálidos, con temperatura media anual superior a los  $22^{\circ}\text{C}$ , y la del mes más frío, por encima de los  $18^{\circ}\text{C}$ . Es el más seco de los cálidos sub-húmedos, con lluvias en verano. La precipitación anual promedio es de  $924.9\text{ mm.}$ , según datos de Chan (1974) para El Grullo, Jalisco. El cociente de P/T (precipitación total anual en mm, sobre la temperatura, media anual en  $^{\circ}\text{C}$ ), es superior a  $43.2$ .

FIGURA 1.- UBICACION DE LOS EXPERIMENTOS.



Escala 1:170,000

La oscilación anual de las temperaturas medias mensuales, varfa entre 5° y 7°C.

BS<sub>1</sub> (h') w' (t')

Seco o estepario, perteneciente a los climas con régimen de lluvias de verano. La precipitación anual promedio es de 750.3 mm, para Autlán, Jalisco. Es el menos seco de los BS, con un cociente P/T, arriba de 22.9. Es muy cálido, con temperatura media anual superior a los 22°C, y la del mes más frío por encima de los 18°C.

La oscilación anual de las temperaturas medias anuales, varfa entre 5° y 7°C.

### 1.3. Cultivos principales.\*

Los cultivos de temporal predominantes en el valle, son el maíz con 7,340 hectáreas aproximadamente y el sorgo con 1,146. Se siembran también en invierno de maíz 409 hectáreas, de jitomate 635 y de hortalizas en general 834 hectáreas.

Una superficie reducida se siembra con frijol solo, existiendo los casos de las asociaciones e intercalamientos con maíz y calabaza en un mismo terreno.

---

\*Fuentes: SARH; Distrito de Temporal No. V y Distrito de Riego No. 94 en Jalisco.

## 2. Criterios de investigación que se aplicaron.

### 2.1. Número de experimentos efectuados.

Se establecieron un total de 4 experimentos en el temporal 1979.

Con estos experimentos se pretendía cubrir las áreas representativas del valle de Autlán-El Grullo.

### 2.2. Selección de los sitios experimentales.

La selección de los sitios se hizo de acuerdo a lo siguiente:

a) Que se tuviera cobertura de las áreas representativas de la zona estudiada.

b) Que existiera homogeneidad del suelo en cada sitio, en cuanto a características de color, textura y profundidad.

Las localidades fueron:

a) El Chacalito ( a 9 km de El Grullo.)

b) Mezquitán ( a 11 km de Autlán.)

c) La Caja ( a 6 km de Autlán.)

d) Ahuacapán ( a 10 km de Autlán.)

( Véase figura 1 )

### 2.3. Factores estudiados.

Las variables en estudio fueron diferentes niveles tanto de fertilización de nitrógeno y fósforo, como de densidad de siembra.

El espacio de exploración varió para nitrógeno (N), de 46 a 154 - kg/ha; para fósforo ( $P_2O_5$ ), de 3 a 57 kg/ha, y para densidad de siembra de 8.6 a 19.4 kg de semilla por hectárea.

#### 2.4. Material genético.

Los genotipos empleados para esta investigación fueron: INIA - - Jonás en el diseño de tratamientos y para testigos adicionales.

INIA - Huichol y Master Gold solamente se incluyeron como testigos adicionales.

#### 2.5. Diseño de tratamientos.

Los tratamientos se diseñaron de acuerdo a la Matriz Plan Puebla II, propuesta por Turrent y Laird (1975).

El número de tratamientos generado por esta matriz es de un total de 15, a los cuales se adicionaron testigos. Veanse el cuadro: 4, y la fig. 2.

Los testigos que se incluyeron fueron cuatro; uno de ellos, fue un arreglo de los niveles medios explorados para cada factor con la adición de potasio. Otro testigo solamente constó del nivel medio de densidad de siembra, y los dos restantes se originaron de la combinación de los niveles explorados pero con los genotipos INIA - Huichol y Master Gold.

#### 2.6. Diseño experimental.

Se empleó diseño de bloques al azar con 4 repeticiones. Los bloques se acomodaron de forma compacta.

#### 2.7. Tamaño de parcela.

La parcela total (unidad experimental), constaba de 5 surcos de 7 m de longitud. La distancia entre surcos fue de 0.6 m.

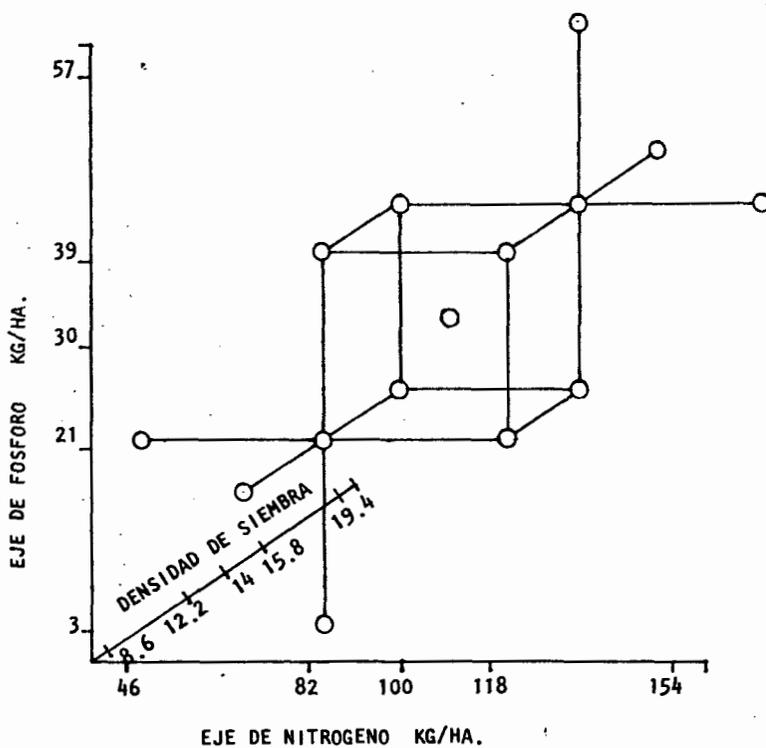
La parcela útil fueron 3 surcos centrales de 5 m. de largo cosechados por el método de competencia completa. El área cosechada fue 9 m<sup>2</sup>.

CUADRO: 4 FERTILIZACION EN SORGO 1979 BT  
LISTA DE TRATAMIENTOS AJUSTADOS A LA MATRIZ PLAN PUEBLA II.

TRAT.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	DENSIDAD DE SIEMBRA EN Kg/ha.
1	82	21	0	12.200
2	82	21	0	15.800
3	82	39	0	12.200
4	82	39	0	15.800
5	118	21	0	12.200
6	118	21	0	15.800
7	118	39	0	12.200
8	118	39	0	15.800
9	100	30	0	14.000
10	46	21	0	12.200
11	154	39	0	15.800
12	82	3	0	12.200
13	118	57	0	15.800
14	82	21	0	8.600
15	118	39	0	19.400
16 <sup>a</sup>	100	30	30	14.000
17 <sup>b</sup>	100	30	0	14.000
18 <sup>c</sup>	100	30	0	14.000
19 <sup>d</sup>	0	0	0	14.000

- a) Testigo adicional con aplicación de 30 Kg de K<sub>2</sub>O.  
b) Testigo adicional, Fertilización central, Variedad: HUICHOL.  
c) Testigo adicional, Fertilización central, Variedad: MASTER GOLD.  
d) Testigo sin fertilización; fuera del diseño.

FIGURA 2.- REPRESENTACION GRAFICA DE LA MATRIZ PLAN PUEBLA II, PARA TRES FACTORES: DOSIS DE FERTILIZACION NITROGENADA Y FOSFORICA Y - DENSIDAD DE SIEMBRA.



### 3. Actividades de campo realizadas.

#### 3.1. Muestreo de suelos.

Antes de efectuarse la siembra, en cada sitio elegido se tomaron 10 muestras de suelo distribuidas en el área destinada al experimento. Cinco de ellas fueron de 0 a 30 cm de profundidad, las otras cinco a una profundidad de 30 a 60 cm.

Los resultados del análisis de laboratorio pueden apreciarse en el Cuadro 5.

#### 3.2. Siembra.

Se sembró en húmedo al inicio del temporal. La semilla se depositó a chorrillo en el surco, cubriendo la semilla con azadón. Se aplicó herbicida Gesaprim Combi con una dosis de 3 kg/ha.

#### 3.3. Fertilización.

La fertilización se hizo en forma fraccionada, aplicando 1/3 del total de nitrógeno y el total de fósforo a la siembra. El resto de nitrógeno se aplicó a la escarda (25 a 35 días después de la siembra), para la cual se empleó tiro de bestias. Los fertilizantes empleados fueron: Sulfato de Amonio, Superfosfato Triple de Calcio y Cloruro de Potasio.

#### 3.4. Labores de cultivo.

La única labor de cultivo que se efectuó fue la escarda con el fin de cubrir el fertilizante que se aplicó cuando la planta tenía aproximadamente un mes de nacida.

#### 3.5. Control de plagas.

Junto con la primera fertilización, se aplicó Volatón 2.5 en pol-

CUADRO 5: ALGUNAS PROPIEDADES QUIMICAS DE LAS CAPAS DE 0-30 Y DE 30 - 60 cm. DE PROFUNDIDAD EN LOS SUELOS DONDE SE REALIZARON LOS ENSAYOS.

No. DE EXPTO.	PROFUNDIDAD (cm)	pH	NITROGENO TOTAL %	MATERIA % ORGANICA	NUTRIMENTOS ASIMILABLES			
					FOSFORO PPM	POTASTO PPM.	CALCIO PPM.	MAGNESTO PPM.
1	0 - 30	6.0	0.154	1.72	13.73	60	2255	264
1	30 - 60	6.6	0.154	0.94	11.86	47	3880	396
2	0 - 30	7.4	0.142	3.36	15.92	60	4407	120
2	30 - 60	7.3	0.130	3.36	11.86	40	3792	126
3	0 - 30	7.2	0.119	2.32	31.22	107	2255	120
3	30 - 60	7.2	0.059	1.03	19.04	53	2152	204
4	0 - 30	7.5	0.119	3.01	26.22	40	3997	63
4	30 - 60	7.6	0.059	1.12	18.10	33	3382	258

CUADRO 5: ALGUNAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS DONDE SE LLEVARON A CABO LOS ENSAYOS.

No. DE EXPTO.	PROFUNDI- DAD (cm)	ANALISIS MECANICO			TEXTURA	INSOLUBLE % CO <sub>3</sub>	% SAT.	pH SAT.	C.E. SAT. (mmhos/cm)
		ARENA %	LIMO %	ARCILLA %					
1	0 - 30	60	18	22	MIGAJON ARC. ARENOSO	----	38	6.9	4.536
1	30 - 60	62	16	22	MIGAJON ARC. ARENOSO	----	40	7.0	5.040
2	0 - 30	40	30	30	MIGAJON ARCILLOSO	----	46	7.2	0.705
2	30 - 60	40	28	32	MIGAJON ARCILLOSO	----	50	7.2	0.957
3	0 - 30	76	12	12	MIGAJON ARENOSO	----	32	7.0	0.554
3	30 - 60	74	14	12	MIGAJON ARENOSO	----	36	7.1	0.806
4	0 - 30	58	28	14	MIGAJON ARENOSO	----	40	7.7	0.604
4	30 - 60	74	12	14	MIGAJON ARENOSO	----	34	7.5	0.504

vo, a razón de 25 kg/ha, con el fin de prevenir al ataque de plagas del -- suelo. Este mismo producto se empleó para combatir hormiga arriera que en algunos sitios se presentó esporádicamente.

Para el gusano cogollero se aplicó Dipterex 80 P.H. en una dosis de 1 kg/hectárea.

#### 4. Análisis estadístico.

En base a los datos tomados de la variable rendimiento y debidamente ajustados al 12% de humedad, se procedió a efectuar los análisis de varianza de cada experimento, cuyos resultados se consignan en el capítulo del mismo nombre.

#### 5. Análisis económico.

##### 5.1. Cálculo de costos.

Los costos reales unitarios de insumos se determinaron de acuerdo al planteamiento siguiente:

Costo Real = Costo Unitario + Costo de interés sobre el crédito bancario + Costo promedio de transporte + Costo de aplicación.

Los precios de los insumos que se consideraron fueron los vigentes en junio de 1979.

En el caso de los fertilizantes se empleó el precio cuando su presentación es en costal de polietileno. De esta manera, los costos fueron:

<u>Fertilizante</u>	<u>Precio/Ton</u>
Sulfato de amonio	\$ 1,421.48
Super fosfato triple	\$ 3,608.32
Cloruro de potasio	\$ 1,986.96

El costo de la semilla de sorgo ( PRONASE ) fue de \$ 22,000.00 - la tonelada.

El interés bancario se estimó en un 14% del valor unitario a nivel comercial. El costo de transporte se estimó de \$ 0.078 por kg de insumo. Para calcular el costo de aplicación se consideró que una persona puede aplicar 250 kg de fertilizante por dfa; la mano de obra, costaba aproximadamente \$ 125.00 por dfa.

Atendiendo a estas consideraciones, los costos totales que se obtienen son:

Costos de fertilizante:	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Precio de Mercado ( 1 kg )	6.934	7.844	3.312
Costo del Transporte ( 1 kg )	0.380	0.170	0.130
Costo de Aplicación ( 1 kg )	2.439	1.087	0.833
Costo del Interés Bancario	1.365	1.274	0.598
<b>Costo Total ( 1 kg )</b>	<b>11.118</b>	<b>10.375</b>	<b>4.873</b>

Costo de la semilla:

Precio de 1 kg de semilla	\$ 22.000
Costo del Transporte	\$ 0.078
Costo del Interés Bancario	\$ 3.091
<b>Costo total ( 1 kg )</b>	<b>\$ 25.169</b>

El precio neto del producto, se obtuvo adicionando los costos de cosecha y transporte al almacén o bodega al precio de garantía para el sorgo vigente en diciembre de 1979. Los costos de cosecha y trilla se calcula

ron en base a lo que se cobra en promedio cuando se emplea una cosechadora combinada (10% del precio de garantía del grano X volumen de producción). El costo de transporte se calculó considerando una lejanía de 8 km en promedio del terreno al almacén.

Precio de garantía ( 1 kg )	\$ 2.300
Costo de cosecha y trilla ( 1 kg )	\$ 0.230
Costo de transporte ( 1 kg )	\$ 0.078
<hr/>	
Precio neto de 1 kg de sorgo	\$ 2.608

Con los datos de costos de los insumos y precio del producto, se obtuvieron las relaciones de los mismos, a las cuales se les calculó dos niveles de retorno para el capital variable. Véase 5.2.2.1.

$$1) \text{ Nitrógeno} = \frac{CN}{CY} = \frac{11.118}{2.608} = 4.263$$

$$b) 40\% = 4.263 \times 1.40 = 5.968$$

$$c) 100\% = 4.263 \times 2.00 = 8.526$$

$$2) \text{ Fósforo} = \frac{CP}{CY} = \frac{10.375}{2.608} = 4.116$$

$$b) 40\% = 4.116 \times 1.40 = 5.763$$

$$c) 100\% = 4.116 \times 2.00 = 8.232$$

$$3) \text{ Densidad de siembra} = \frac{CS}{CY} = \frac{25.169}{2.608} = 9.651$$

$$b) 40\% = 9.651 \times 1.40 = 13.511$$

$$c) 100\% = 9.651 \times 2.00 = 19.301$$

## 5.2. Métodos de análisis empleados.

Se utilizaron los métodos gráfico modificado por Turrent y el de Perrin et al, por considerarse adecuados de acuerdo a los resultados de los

trabajos de comparación de métodos para determinar DOE que se citan en la revisión de literatura.

### 5.2.1. Método gráfico modificado por Turrent.

El procedimiento que se sigue comprende los siguientes pasos:

a) Listado de tratamientos con sus resultados ajustados a los rendimientos esperados de los agricultores. El factor de ajuste que se consideró fue de 0.9; esto es debido a pequeñas diferencias en el manejo y a factores no tomados en cuenta.

b) Gráficoado de los factores de estudios.

c) Análisis de varianza de los tratamientos del cubo (hasta este punto se pudo llegar en este método; las razones se detallan en el capítulo de Resultados y Discusión).

d) Determinación de cuales Efectos Factores Medios (E.F.M.) de los tratamientos que integran al cubo, son significativos a una probabilidad dada, de cometer el error tipo 1. Esto debe hacerse de acuerdo con la Técnica de Yates.

La significancia de los E.F.M., se obtiene utilizando como comparación el Efecto Mínimo Significativo (E.M.S.) de acuerdo a las fórmulas:

$$EMS = t_{\alpha, g.l. EE} \sqrt{\frac{CME \times 2}{2^{k-1} r}}$$

$$EMS = t_{\alpha, g.l. EE} \sqrt{\frac{CME}{2^{k-2} r}}$$

$t_{\alpha}(g.l. EE) = t$  de Student con los grados de libertad del Error Experimental del análisis de varianza de los tratamientos del cubo.

- $\alpha$  = Probabilidad de cometer el error Tipo 1  
 CME = Cuadrado medio del Error Experimental  
 r = Número de repeticiones  
 K = Número de factores  
 $2^{k-1}$  = Repeticiones escondidas para cada factor

e) Prueba de hipótesis:

$$H_0, \quad EFM = 0$$

$$H_a, \quad EFM \neq 0$$

De tal modo, que:

Si  $EFM < EMS$ , se acepta la  $H_0$ .

Si  $EFM > EMS$ , se rechaza la  $H_0$ .

f) Cálculo del ingreso neto de los tratamientos.

$$IN = y Y - CV$$

IN = Ingreso Neto

y = Valor de 1 kg de sorgo

Y = Rendimiento

CV = Costos variables

$$CV = nN + pP + d DS$$

n = Costo real de 1 kg de N

N = Nitógeno aplicado en cada tratamiento

p = Costo real de 1 kg de P

P = Fósforo aplicado en cada tratamiento

d = Costo real de 1 kg de semilla

DS = kg de semilla empleada por tratamiento

## 5.2.1.1. DOE para capital ilimitado.

- a) Definir la curva para DOE en base al tratamiento que tenga el mayor IN.
- b) Dibujar nuevas gráficas con los tratamientos que presentaron - EFM significativo.
- c) Determinar el triángulo de relación de insumo - producto.
- d) Proyectar la hipotenusa hacia la curva en posición de tangente.
- e) Trazar una perpendicular desde el punto de tangencia hacia ordenadas. El punto donde toca es la DOECI buscada.

## 5.2.1.2. DOE para capital limitado.

- a) Calcular DMS, por medio de la fórmula:

$$DMS = t_{\alpha}(gl.EE) \sqrt{CME \left( \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} \right)}$$

$t_{\alpha}(gl.EE)$  = t de Student de tablas con los grados de libertad del error experimental del análisis de varianza.

$\alpha$  = Probabilidad de cometer el error Tipo I

CME = Cuadrado medio del Error Experimental

$r_1$  y  $r_2$  = Número de repeticiones que intervienen en las medias comparadas.

- b) Probar la diferencia entre los tratamientos de los factores estadísticamente significativos, contra las prolongaciones de cada uno de estos.

- c) Hacer una lista de los tratamientos de los factores en los que se encontró significancia, y las prolongaciones que al aplicárseles la DMS

también tuvieron diferencias significativas. En esta lista se debe incluir el (los) testigo (s).

d) Calcular los incrementos de rendimiento, por medio de la diferencia entre los promedios; entre un inferior y el inmediato superior.

e) Calcular el Incremento en el Ingreso Neto.

$$IN = yY - CV$$

IN = Incremento en el Ingreso Neto

y = Valor de 1 kg de sorgo

Y = Incremento en rendimiento

CV = Costo variable.

f) Obtener la relación IN/CV de cada tratamiento. La tasa de retorno mayor, señalará al tratamiento que se puede considerar como DOECL.

### 5.2.1.3. Variantes del análisis.

a) Cuando el EFM de sólo un factor es significativo, los tratamientos del cubo se reducen a dos, y sus rendimientos serán el promedio de los rendimientos de los factores que no resulten significativos. De estos últimos, el nivel más bajo estudiado dentro del cubo, será el que acompañe a los tratamientos resultantes.

b) Cuando el E.F.M. de las interacciones de dos factores es significativo, debe considerarse como se el EFM en forma individual fuera significativo. De esta manera, se generan cuatro tratamientos, y se obtiene un promedio del factor que no fue significativo.

c) Cuando el EFM de las tres interacciones es significativo, la interpretación, debe hacerse para los tres factores y el procedimiento a se

guir es el descrito por el método original, para la obtención de la DOECI - y la DOECL.

d) Cuando el EFM de un factor, y la interacción de los otros dos factores son significativos, debe interpretarse para los tres factores. El procedimiento a seguir es el método original.

e) Cuando ningún EFM es significativo, en este caso los tratamientos del cubo se vuelven un tratamiento, que es el promedio del rendimiento de éstos y sus niveles serán los mínimos estudiados. Se hacen nuevas gráficas con este punto y las prolongaciones de los factores estudiados. En seguida, se obtiene el triángulo de la relación insumo/producto, se proyecta con un juego de escuadras la hipotenusa hasta donde haga tangencia con la curva; lo obtenido es la DOECI. La DOECL se obtiene con el método original.

### 5.2.2. Método de Perrin et al.

Este método básicamente tiene el procedimiento siguiente:

a) Cálculo de costos de cada tratamiento. Es la suma de los costos de campo de todos los insumos que son afectados por la elección. Es un presupuesto parcial determinado por los costos variables. Fórmula:

$$CV = nN + pP + d DS \quad (\text{descrita anteriormente}).$$

b) Cálculo de Beneficios Netos.

$$BN = BTB - CV$$

BN = Beneficios Netos

BTB = Beneficio Total Bruto

CV = Costos Variables

c) Listado de tratamientos, de acuerdo con los Beneficios Netos -

obtenidos, colocados de mayor a menor. Se incluye además la columna de costos.

d) Análisis de Dominancia. Se busca el tratamiento con CV infe--rior al de mayor Bn; este tratamiento se considera no dominado. Con éste se procede igual, y se repite en forma sucesiva hasta que se obtienen todos --los tratámientos no dominados.

e) Análisis Marginal y estimación Tasas de Retorno Marginal. Se -hace un listado de los tratamientos no dominados con sus BN colocados de mayor a menor, y sus costos variables. Se determinan: el Incremento Marginal en BN (Beneficio Neto Marginal) y el Incremento Marginal de C.V. (Costo Marginal).

Al dividir el Beneficio Neto Marginal, entre el costo marginal, -se obtiene la tasa de retorno marginal.

f) Interpretación:

La DOECI, la determina el tratamiento con el mayor BN.

La DOECL, corresponde al tratamiento de máxima tasa de retorno marginal.

#### 5.2.2.1. Tasas de retorno marginal (criterios de elección).

Para DOECL, se consideraron dos niveles de tasas de retorno:

a) Del 40%. Se plantea en el manual de Perrin et al, (1976), que por regla general, los agricultores no querrán hacer una inversión a menos que la tasa de retorno sea de por lo menos del 40%, tomando en cuenta el --costo de capital y prima del seguro.

b) Del 100%. De acuerdo con las sugerencias de Laird, citado por

Barajas (1978), este % de retorno se aplica a los agricultores que manejan fondos propios y no tienen sus siembras aseguradas. Esto puede venir en función del riesgo y escasez de capital.

## Y.- RESULTADOS Y DISCUSION

### 1. Rendimientos unitarios y análisis de varianza.

Los rendimientos de grano obtenidos se ajustaron a un 12% de humedad; las medias de por tratamiento, por experimento y de sus totales respectivamente, se anexas en el cuadro 6, expresadas en kg/ha. En este mismo cuadro, se adjuntan los resultados del análisis estadístico, tales como la probabilidad de F y el coeficiente de variación.

Solamente en el experimento 1, se encontraron diferencias significativas al 0.05 de probabilidad para tratamientos, y en los restantes no se encontró significancia.

Para bloques, se encontraron diferencias significativas para el experimento 1, y altamente significativas para los demás experimentos, lo cual puede atribuirse a la heterogeneidad de los suelos donde se establecieron los experimentos.

### 2. Métodos para determinar las DOE.

Las dosis óptimas económicas se trataron de obtener por medio del método gráfico modificado por Turrent, sin embargo, no fue posible aplicarlo por las siguientes razones:

1.- No se detectaron diferencias significativas en el total de tratamientos, con excepción del experimento 1, ya mencionado.

2.- No se encontraron diferencias significativas en los tratamientos del cubo. Ver Cuadros 7 - 10.

3.- Algunas de las curvas presentaron tendencia negativa. Ver fi-

CUADRO 6.- RENDIMIENTOS MEDIOS DE GRANO CON 12% DE HUMEDAD ( kg/ha ) OBTENIDOS EN LOS EXPERIMENTOS ESTABLECIDOS EN LA REGION DE EL GRULLO Y AUTLAN, JAL. TEMPORAL 1979.

TRAT.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	DS	EXPTO.1 (kg/ha)	EXPTO.2 (kg/ha)	EXPTO.3 (kg/ha)	EXPTO.4 (kg/ha)	MEDIA (kg/ha)
1	82	21	12.2 <sup>a</sup>	4541	1141	2205	2367	2,563
2	82	21	15.8	5300	1361	2114	3073	2,962
3	82	39	12.2	4379	1379	2327	2895	2,745
4	82	39	15.8	4329	1565	2588	2341	2,705
5	118	21	12.2	4683	1178	1728	3131	2,680
6	118	21	15.8	4471	1517	2790	2914	2,923
7	118	39	12.2	4265	1456	3146	2483	2,837
8	118	39	15.8	4387	1289	2636	3196	2,877
9	100	30	14.0	4806	1461	2848	2582	2,924
10	46	21	12.2	5072	1172	3180	2797	3,055
11	154	39	15.8	4875	1740	2479	2934	3,007
12	82	3	12.2	4162	1494	2445	2034	2,533
13	118	57	15.8	5216	1788	2312	2726	3,010
14	82	21	8.6	4997	1236	2898	3068	3,049
15	118	39	19.4	4139	1263	2067	3104	2,643
16	100	30 <sup>b</sup>	14.0	4674	1430	2963	2757	2,956
17	100	30	14.0	3195	1395	1549	2711	2,212
18	100	30	14.0	3509	1683	2850	3260	2,825
19	---	--	14.0	5729	1408	2605	2822	3,141
MEDIA (kg/ha)				4564	1419	2512	2800	
				*	N.S.	N.S.	N.S.	
Prob. de F para Trat.				0.0428	0.6868	0.2884	0.6764	
Prob. de F para Rep.				0.0250	0.0003	0.0001	0.0005	
C. V. %				19.38	29.28	32.43	25.75	

a: kg/ha de semilla

b: Tratamiento adicional con 30 kg de K<sub>2</sub>O

CUADRO: 7 ANALISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS DEL CUBO  
EXPERIMENTO No. 1.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. TABULADA	
					0.01	0.05
TRAT.	7	3.087	0.441	0.395	3.64	2.49
REP.	3	6.103	2.034	1.822	4.87	3.07
ERROR	21	23.430	1.116			
TOTAL	31	32.620				

Prob. de F para tratamientos: N.S.

$$C.V. = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} (100) = \frac{\sqrt{1.116}}{4.544} (100) = 23.247\%$$

CUADRO: 8 ANALISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS DEL CUBO.  
EXPERIMENTO No. 2.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. TABULADA	
					0.01	0.05
TRAT.	7	0.650	0.0928571	0.606	3.64	2.49
REP.	3	0.901	0.3003333	1.959	4.87	3.07
ERROR	21	3.220	0.1533333			
TOTAL	31	4.771				

Prob. de F para tratamientos: N.S.

$$C.V. = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} (100) = \frac{\sqrt{0.1533333}}{1.361} (100) = 28.767\%$$

CUADRO: 9 ANALISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS DEL CUBO.  
EXPERIMENTO No. 3.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. TABULADA	
					0.01	0.05
TRAT.	7	5.449	0.7784286	1.187	3.64	2.49
REP.	3	11.336	3.7786667	5.760**	4.87	3.07
ERROR	21	13.776	0.656			
TOTAL	31	30.561				

Prob. de F para tratamientos: N.S.

$$C.V. = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} (100) = \frac{\sqrt{0.656}}{2.442} (100) = 33.162\%$$

CUADRO: 10 ANALISIS DE VARIANZA DE LOS TRATAMIENTOS DEL CUBO.  
EXPERIMENTO No. 4.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F. TABULADA	
					0.01	0.05
TRAT.	7	3.448	0.4925714	1.046	3.64	2.49
REP.	3	4.912	1.637333	3.479*	4.87	3.07
ERROR	21	9.884	0.4706667			
TOTAL	31	18.244				

Prob. de F para tratamientos: N.S.

$$C.V. = \frac{\sqrt{CME}}{\bar{X}} (100) = \frac{\sqrt{0.4706667}}{2.800} (100) = 24.498\%$$

guras 3 - 14.

4.- El testigo en algunos casos presentó rendimientos superiores a los obtenidos con los tratamientos fertilizados. Ver las figuras 3 - 14.

Para lograr obtener la información sobre las dosis óptimas económicas de estos experimentos, se procedió entonces de acuerdo al método de Perrin et al que permite discriminar tratamientos en base al análisis de beneficios netos y sus costos variables. Los análisis de dominancia y el análisis marginal de los tratamientos no dominados, aparecen en los Cuadros -- 11 - 18.

Los resultados ya agrupados en el cuadro 19 y las consideraciones generales de cada experimento, se exponen en forma desglosada de la siguiente manera:

### 3. Respuesta a los factores en estudio.

#### 3.1. Respuesta a nitrógeno.

La respuesta económica que se tuvo a las adiciones de este nutriente fue nula en tres de las cuatro localidades, por ser el testigo (0 kg de N), el tratamiento que más beneficios netos arroja con el costo variable más bajo. En la localidad restante, (Experimento # 3) se encontró que la -- cantidad adecuada fue 46 kg de N/ha, seguida inmediatamente por la cantidad 0 kg de N/ha. Ver Cuadros 11 - 18.

En las tres localidades en las cuales la no adición de nitrógeno resultó ser el tratamiento más atractivo, se encontró que tratamientos con niveles que oscilaron de 82 a 100 kg de N/ha se encontraban cerca del óptimo económico. Esto hace pensar que si la precipitación no hubiese sido escasa, quizá estos tratamientos habrían rendido más. Ver Cuadro 20.

FIGURA 3.- GRAFICA DE RESPUESTA AL FACTOR NITROGENO EN EL EXPERIMENTO 1.

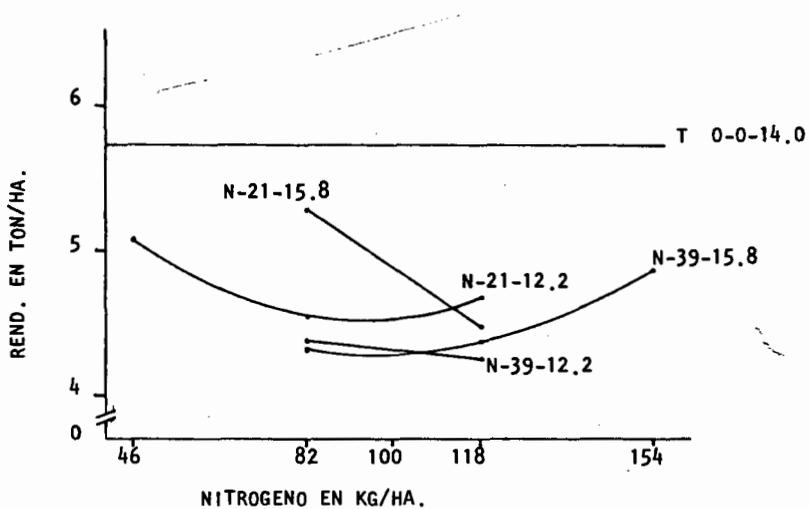


FIGURA 4.- GRAFICA DE RESPUESTA AL FACTOR NITROGENO EN EL EXPERIMENTO 2.

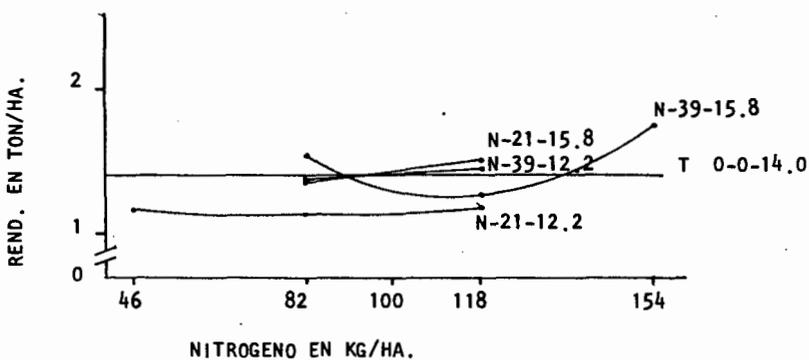


FIGURA 5.- GRAFICA DE RESPUESTA AL FACTOR NITROGENO EN EL EXPERIMENTO 3.

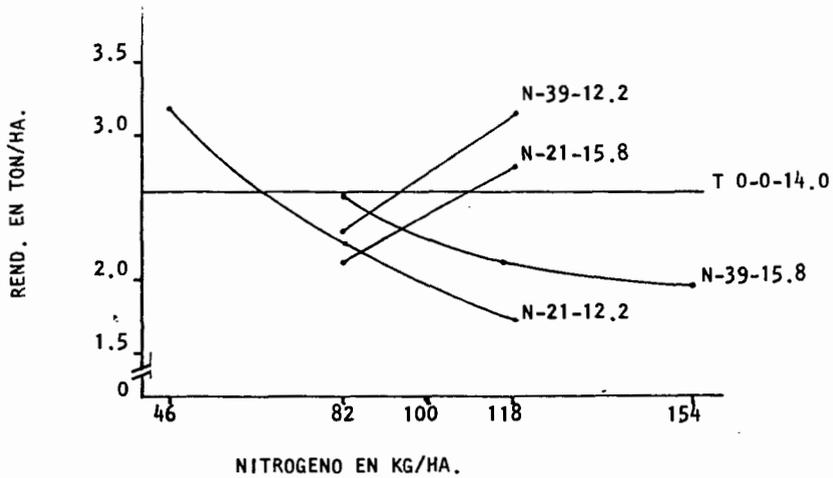


FIGURA 6.- GRAFICA DE RESPUESTA AL FACTOR NITROGENO EN EL EXPERIMENTO 4.

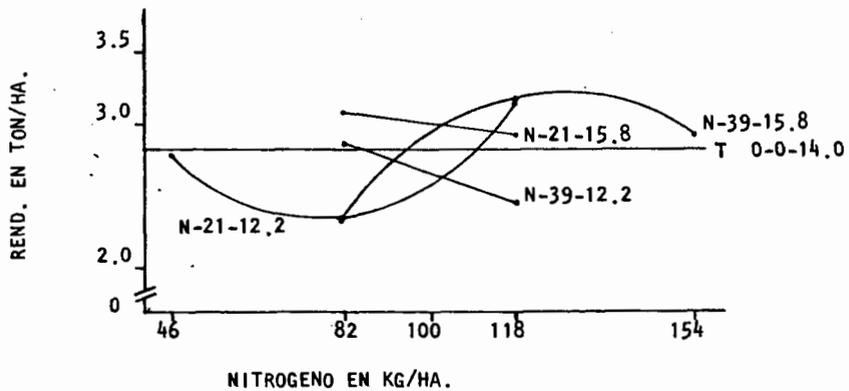


FIGURA 7. GRAFICA DE RESPUESTA AL FACTOR FOSFORO EN EL EXPERIMENTO 1.

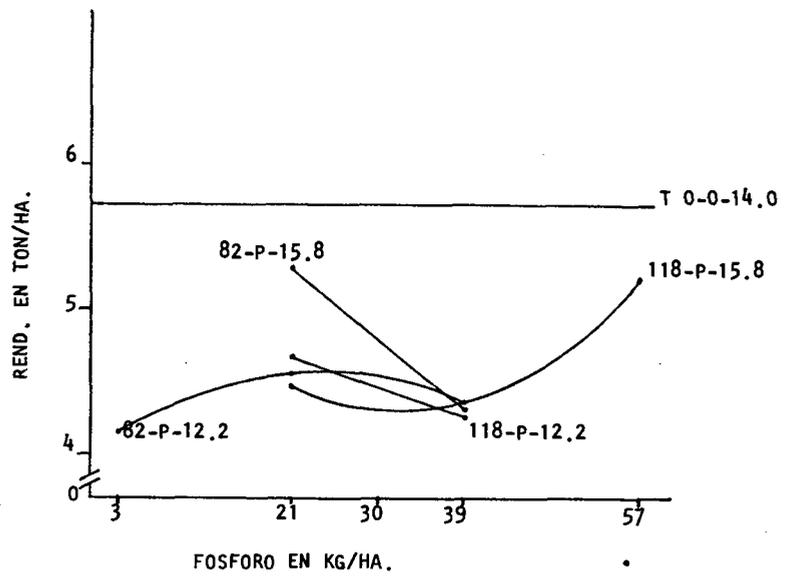


FIGURA 8. GRAFICA DE RESPUESTA AL FACTOR FOSFORO EN EL EXPERIMENTO 2.

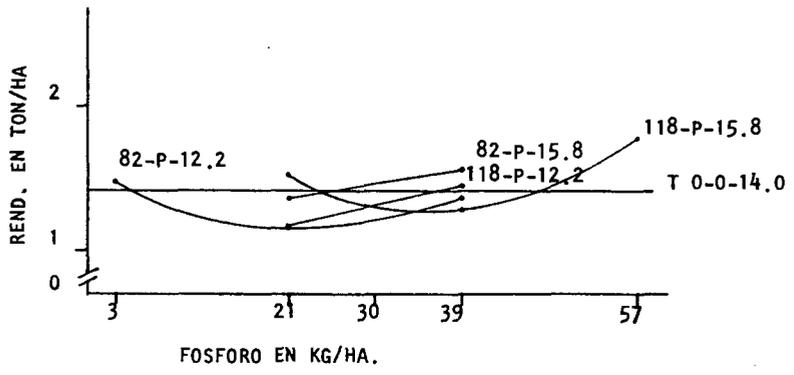


FIGURA 9. GRAFICA DE RESPUESTA AL FACTOR FOSFORO EN EL EXPERIMENTO 3.

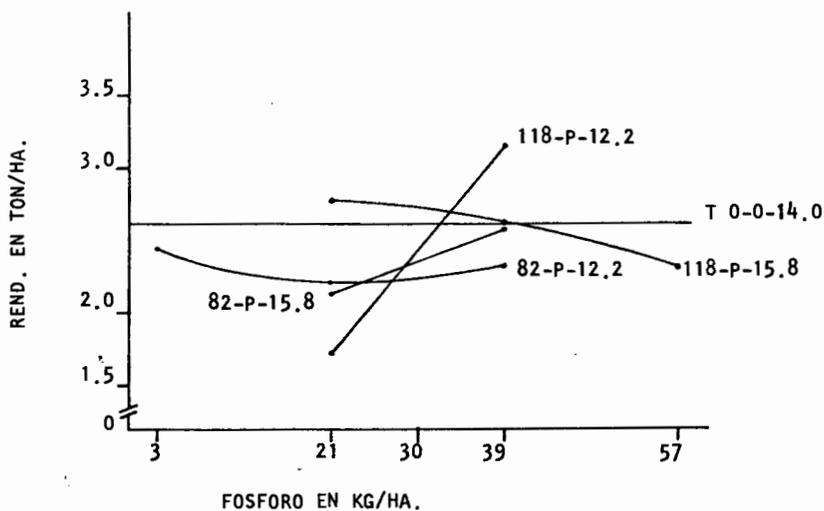


FIGURA 10. GRAFICA DE RESPUESTA AL FACTOR FOSFORO EN EL EXPERIMENTO 4.

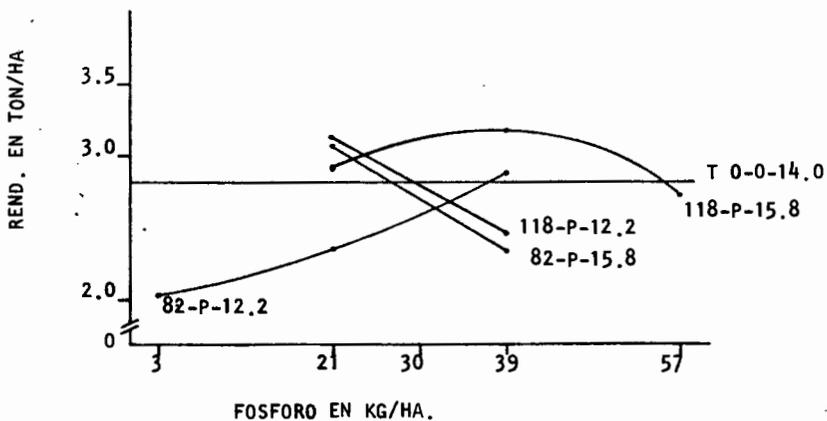


FIGURA 11. GRAFICA DE RESPUESTA AL FACTOR DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL EXPERIMENTO 1.

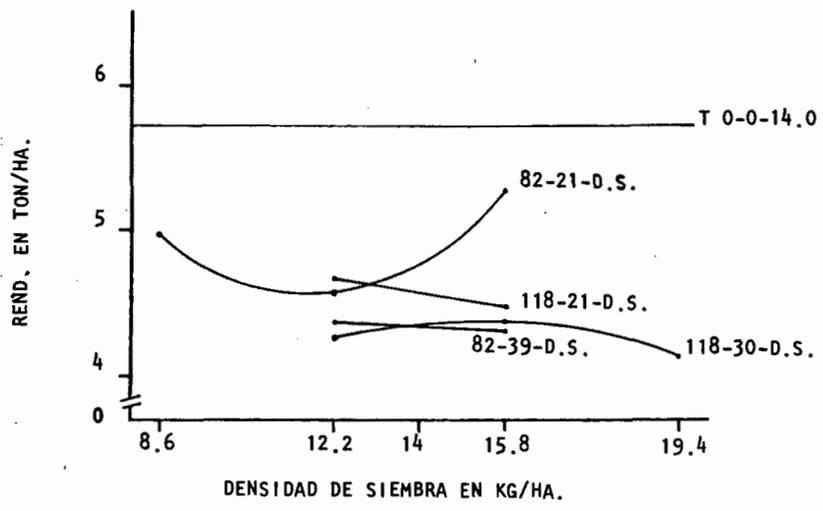


FIGURA 12. GRAFICA DE RESPUESTA AL FACTOR DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL EXPERIMENTO 2.

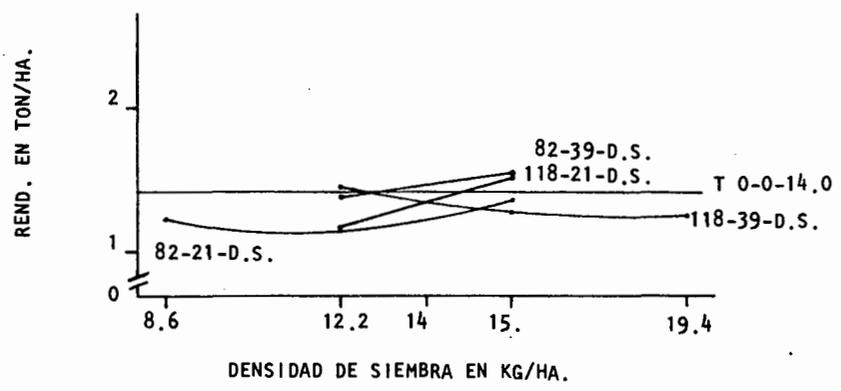


FIGURA 13. GRAFICA DE RESPUESTA AL FACTOR DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL EXPERIMENTO 3.

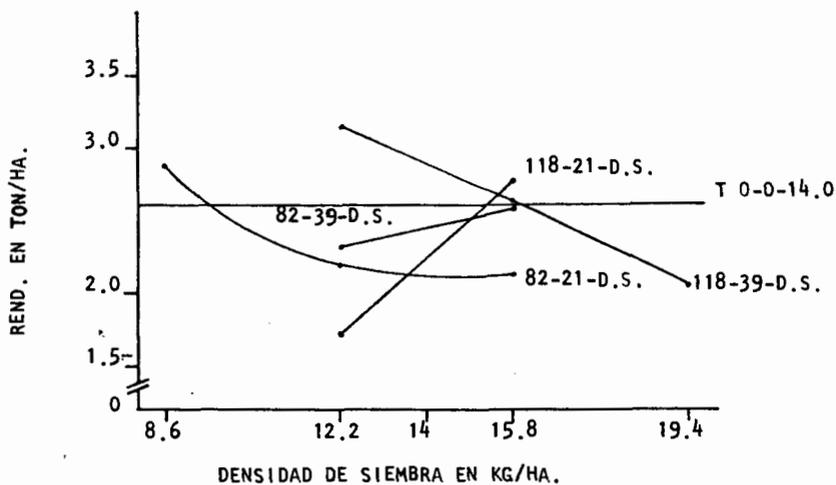
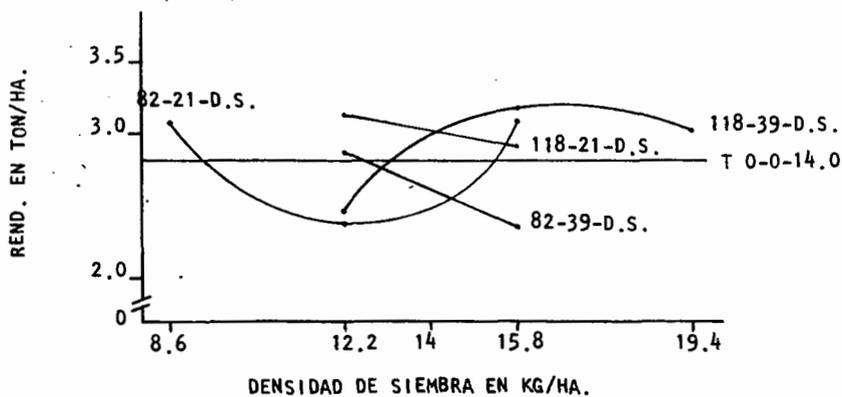


FIGURA 14. GRAFICA DE RESPUESTA AL FACTOR DENSIDAD DE SIEMBRA EN EL EXPERIMENTO 4.



No se observó una relación evidente entre la respuesta a este elemento en un sitio y al contenido de nitrógeno total del suelo en el mismo. Ver Cuadro 5.

### 3.2. Respuesta a fósforo.

En el caso del fósforo, sucedió algo similar, pues el nivel más bajo de este nutrimento ( 0 kg de  $P_2O_5$ ) fue el óptimo en tres localidades. Solamente en el experimento No. 3, el óptimo fue de 21 kg/ha, seguido por el tratamiento no dominado, 0 kg/hectárea.

Los niveles de beneficio neto cercanos al óptimo en las tres localidades donde no se obtuvo respuesta positiva a la adición de  $P_2O_5$ , oscilaron de 3 a 30 kg de este elemento por hectárea. Esto es concordante con lo señalado para nitrógeno respecto a la precipitación escasa que se tuvo en este temporal.

No se observa tampoco relación aparente entre la respuesta al elemento y el contenido de  $P_2O_5$  asimilable de cada sitio. Ver Cuadro 5.

### 3.3. Respuesta a densidades de siembra.

Los niveles de densidad de siembra variaron de 12.2 a 14.0 kg de semilla por hectárea. En tres sitios predominó esta última cantidad. Ver cuadros 11 - 18.

### 3.4. Respuesta al potasio.

El tratamiento adicional con potasio consistió en adicionar 30 kg de  $K_2O$  al tratamiento 100-30-0, 14.0 (densidad de siembra), con el cual se comparó. Sólo en dos sitios se encontró ligera respuesta, con incrementos en beneficios netos de \$ 120.00 en un sitio (Expto. # 3) y \$ 259.00 en el restante (Expto. # 4). Sin embargo, no es recomendable la adición de pota--

sio pues el aumento en los costos variables es de \$ 146.00.

### 3.5. Testigos varietales.

Al compararse los rendimientos de los tratamientos que sólo difierieron en la variedad empleada (9, 17 y 18): INIA - Jonás, INIA - Huichol y Master Gold, se encontró que en ninguno de los experimentos hubo diferencias entre ellos.

CUADRO: 11 ANALISIS DE DOMINANCIA DE LOS TRATAMIENTOS DEL EXPERIMENTO 1.  
LOCALIDAD EL CHACALITO.

No. DE TRAT.	BENEF. NETO + COSTOS FIJOS	N I V E L E S			COSTO VARIABLE \$/ha
		N	P <sub>25</sub>	D.S.	
19.	12813	0	0	14.0	364
2	10648	82	21	15.8	1540
10.	10619	46	21	12.2	1046
14.	10138	82	21	8.6	1353
13.	9681	118	57	15.8	2314
9	9267	100	30	14.0	1787
1	8998	82	21	12.2	1446
5	8922	118	21	12.2	1847
16.	8917	100	30	14.0	1933*
11.	8685	154	39	15.8	2527
3	8436	82	39	12.2	1633
6	8343	118	21	15.8	1940
12.	8313	82	3	12.2	1260
4	8228	82	39	15.8	1727
8	7961	118	39	15.8	2127
7	7776	118	39	12.2	2033
15.	7297	118	39	19.4	2220
18.	6284	100	30	14.0	1787
17.	5562	100	30	14.0	1787

\* Tratamiento con 30 Kg de K<sub>2</sub>O adicionales.

CUADRO: 12. ANALISIS MARGINAL DE TRATAMIENTOS NO DOMINADOS. DEL EXPTO. 1.  
LOCALIDAD EL CHACALITO.

BENEF. NETO + COSTO FIJO	NIVELES			COSTO VARIABLE	CAMBIO RESPEC AL BENEF. PROX. SUPERIOR		
	N	P <sub>25</sub>	D.S.		INC. MARG. EN BENEF. NETO	INC. MARG. EN COSTO VARIABLE	TASA DE RETORNO MARGINAL
12,813	0	0	14.0	364			

CUADRO: 13. ANALISIS DE DOMINANCIA DE LOS TRATAMIENTOS DEL EXPERIMENTO 2.  
LOCALIDAD MEZQUITAN.

No. DE TRAT.	BENEF. NETO + COSTOS FIJOS	N I V E L E S			COSTO VARIABLE \$/ha
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D.S.	
19.	2877	0	0	14.0	364
12.	2177	82	3	12.2	1260
18.	2087	100	30	14.0	1787
4	1875	82	39	15.8	1727
13.	1799	118.	57	15.8	2314
10.	1652	46	21	12.2	1046
2	1591	82	21	15.8	1540
9	1576	100	30	14.0	1787
6	1551	118.	21	15.8	1940
3	1539	82	39	12.2	1633
14.	1493	82	21	8.6	1353
11.	1477	154	39	15.8	2527
17.	1422	100	30	14.0	1787
16.	1356	100	30	14.0	1933*
7	1318	118.	39	12.2	2033
1	1178	82	21	12.2	1446
5	863	118.	21	12.2	1847
8	841	118	39	15.8	2127
15.	685	118.	39	19.4	2220

\* Tratamiento con 30 Kg de K<sub>2</sub>O adicionales.

CUADRO: 14 ANALISIS MARGINAL DE TRATAMIENTOS NO DOMINADOS. DEL EXPTO. 2.  
LOCALIDAD MEZQUITAN.

BENEF. NETO + COSTO FIJO	N I V E L E S			COSTO VARIABLE	CAMBIO RESPEC. AL BENEF. PROX. SUPERIOR		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D.S.		INC. MARG. EN BENEF. NETO	INC. MARG. EN COSTO VARIABLE	TASA DE RETORNO MARGINAL
2,877	0	0	14.0	364			

CUADRO: 15 ANALISIS DE DOMINANCIA DE LOS TRATAMIENTOS DEL EXPERIMENTO 3.  
LOCALIDAD LA CAJA.

No. DE TRAT.	BENEF. NETO + COSTOS FIJOS	N I V E L E S			COSTO VARIABLE \$/ha
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D.S.	
10.	6270	46	21	12.2	1046
19.	5628	0	0	14.0	364
14.	5312	82	21	8.6	1353
7	5205	118	39	12.2	2033
16.	4884	100	30	14.0	1933*
18.	4769	100	30	14.0	1787
9	4764	100	30	14.0	1787
6	4479	118	21	15.8	1940
12.	4366	82	3	12.2	1260
4	4226	82	39	15.8	1727
8	3938	118	39	15.8	2127
3	3719	82	39	12.2	1633
1	3627	82	21	12.2	1446
2	3325	82	21	15.8	1540
11.	3175	154	39	15.8	2527
13	3004	118	57	15.8	2314
15.	2534	118	39	19.4	2220
5	2130	118	21	12.2	1847
17.	1776	100	30	14.0	1787

\* Tratamiento con 30 Kg de K<sub>2</sub>O adicionales.

CUADRO: 16 ANALISIS MARGINAL DE TRATAMIENTOS NO DOMINADOS. DEL EXPTO. 3.  
LOCALIDAD LA CAJA.

BENEF. NETO + COSTO FIJO	N I V E L E S			COSTO VARIABLE	CAMBIO RESPEC. AL BENEF. PROX. SUPERIOR		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	D.S.		INC. MARG. EN BENEF. NETO	INC. MARG. EN COSTO VARIABLE	TASA DE RETORNO MARGINAL
6270	46	21	12.2	1046	642	682	94.13%
5628	0	0	14.0	364			

CUADRO: 17. ANALISIS DE DOMINANCIA DE LOS TRATAMIENTOS DEL EXPERIMENTO 4.  
LOCALIDAD AHUACAPAN.

No. DE TRAT.	BENEF. NETO + COSTOS FIJOS	N I V E L E S			COSTO VARIABLE \$/ha
		N	P <sub>2.5</sub>	D.S.	
19.	6129.	0	0	14.0	364
18.	5714.	100	30	14.0	1767
14.	5706	82	21	8.6	1353
2	5530.	82	21	15.8	1540
10.	5387	46.	21	12.2	1046
5	5355	118	21	12.2	1847
8	5226	118.	39	15.8	2127
3	5028.	82	39	12.2	1633
15.	4921	118	39	19.4	2220
6	4762	118	21	15.8	1940
17.	4449	100	30	14.0	1787
16.	4411.	100	30	14.0	1933*
11.	4223	154	39	15.8	2527
9	4152	100	30	14.0	1787
1	3998	82	21	12.2	1446
13.	3959	118.	57	15.8	2314
7	3678	118	39	12.2	2033
4	3660	82	39	15.8	1727
12.	3421	82	3	12.2	1260

\* Tratamiento con 30 Kg de K<sub>2</sub>O adicionales.

CUADRO: 18. ANALISIS MARGINAL DE TRATAMIENTOS NO DOMINADOS. DEL EXPTO. 4.  
LOCALIDAD AHUACAPAN.

BENEF. NETO + COSTO FIJO	NIVELES		COSTO VARIABLE	COSTO CAMBIO RESPEC. AL BENEF. PROX. SUPERIOR		
	N	P <sub>2.5</sub>		INC. MARG. EN BENEF. NETO	INC. MARG. EN COSTO VARIABLE	TASA DE RETORNO MARGINAL
6129	0	0	14.0	364		

CUADRO: 19. DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS CALCULADAS PARA LOS SITIOS DONDE SE ESTABLECIERON LOS EXPERIMENTOS.

No. DE EXPTO.	Kg		Kg DE SEMILLA/ha
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	
1	0	0	14,0
2	0	0	14,0
3	46	21	12,2
4	0	0	14,0

CUADRO 20.

## PRECIPITACION REGISTRADA EN AUTLAN Y EL CHANTE, JAL. \*

		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Autlán	1978	0.0	50.5	Inap.	0.0	0.5	128.0	146.8	104.0	136.5	57.5	16.0	1.0
	1979	4.0	11.0	Inap.	0.0	0.0	79.0	213.5	85.0	100.5	21.5	0.0	16.5
	Media mensual (10 años)	33.3	12.0	12.0	9.0	10.0	115.0	158.0	121.0	147.0	86.4	15.0	31.6
El Chante	1978	9.0	3.6	0.0	0.0	Inap.	197.5	182.8	179.9	189.9	0.0	Inap.	0.0
	1979	0.0	15.9	0.0	0.0	0.0	82.5	265.2	103.1	99.3	13.8	0.0	18.4
	Media mensual (10 años)	7.0	2.0	2.0	2.0	22.0	14.0	182.0	203.0	143.0	60.0	0.0	9.0

\* Fuente: Informes climatológicos correspondientes al Area de Influencia del Distrito de Temporal V en Jalisco.

## VI.- CONCLUSIONES

1.- Los resultados obtenidos son muy similares en tres de los cuatro sitios estudiados, discrepando ligeramente uno. Esto confirma la hipótesis de trabajo que se había planteado.

2.- No obstante lo anterior, es necesario tomar en cuenta que los resultados son de sólo un año (temporal 1979). Por este motivo es arriesgado recomendar a partir de ellos sin relacionarlos cuando menos con la precipitación pluvial de ese mismo año en la región.

3.- El óptimo económico de los niveles estudiados se puede generalizar de los obtenidos en cada experimento, en la dosis 0-0-0 y 14.0 kg de semilla por hectárea.

4.- Las respuestas económicas nulas a la adición de fertilizante se atribuyeron a la escasez de agua de lluvia disponible del temporal de 1979 en el valle de Autlán - El Grullo.

5.- Los resultados que se obtuvieron tienden a ser más uniformes que los del ciclo anterior, (antecedentes de este trabajo) aunque en ambos se concluye que no existe respuesta económica favorable a los factores nitrógeno y fósforo.

6.- La coincidencia de tres sitios con un óptimo de siembra de 14.0 kg de semilla por hectárea, es congruente con lo obtenido en el ciclo anterior el cual coincidió en cuatro localidades con un óptimo de 12.2 kg de semilla por hectárea.

7.- No es recomendable la aplicación de potasio en condiciones similares de precipitación, pues constituye una inversión que aumenta el ries

go, y prácticamente su efecto económico es nulo.

8.- Se considera que los espacios de exploración que se definieron para este estudio fueron muy amplios para los fertilizantes.

9.- Las respuestas económicas que se obtuvieron para los fertilizantes explican la actitud del agricultor de no adicionarlos en la siembra, sino hasta cuando ya tiene según su propia experiencia indicios de la regularidad del temporal.

## VII.- BIBLIOGRAFIA

- Alf, F.M. y F.A. Salih. 1972. Effects of N, P and K on yield of grain Sorghum in the Central Rainlands of the Sudan. Experimental Agriculture. 8 (2): 151-154.
- Alvarado, S.R. 1967. Fertilización de sorgo para grano. In: La investigación agrícola en el valle de Culiacán. Informe de labores 1966. INIA. Publicación especial No. 1.
- Anónimo 1969. Como lograr rendimientos óptimos del sorgo de grano. In: Agricultura de las Américas. 18 (4): pp 16-20.
- Artschwager, E. 1948. Anatomy and morphology of the vegetative organs of Sorghum vulgare. U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 957.
- Aveldaño, R. y Volke, V. 1977. Comparación de cuatro métodos para estimar dosis óptimas económicas de fertilizantes y densidad de población. VI Congreso de la Sociedad Latinoamericana de la Ciencia del Suelo, y X Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Nov. 1977. Mex., D. F.
- Barajas C., R. 1978. Uso de tres métodos para la determinación de la Dosis Óptima Económica de Nitrógeno, Fósforo y Densidad de Siembra para el cultivo del trigo en La Barca, Jalisco. Tesis Profesional Ing. Agron. Escuela de Agricultura, Universidad de Guadalajara.
- Brown, J. C. and Jones, W. E. 1977. Fitting plants nutritionally to soils. III. Sorghum. Agron. 69:410-415.
- Castro N., J.S. 1972. Evaluación de diferentes densidades de siembra en el cultivo de sorgo para grano NK-310 en el valle de Sto. Domingo,

- B.C. S. Tesis Profesional Ing. Agrón.- Escuela de Agricultura, U  
niversidad de Guadalajara.
- Chan C., J.L. 1974. Datos climatológicos de la zona de influencia del Cam-  
po Agrícola Experimental "Costa de Jalisco". CIAB. INIA. México.
- Chena, G.R. 1960. El cultivo del sorgo y su futuro en México. Tesis Profe-  
sional. Chapingo, Mex.
- Estrada L., A.P. 1977. El Agrosistema un método práctico y preciso para -  
diseñar tecnología de producción para el cultivo del maíz bajo -  
condiciones de temporal en la parte sur del Estado de Tlaxcala.  
Tesis M.C. Colegio de Postgraduados ENA. Chapingo, México.
- Freeman, J.E. 1975. Desarrollo y Estructura de la planta de sorgo y su fru-  
to. In: Producción y usos del sorgo. Ed. Hemisferio Sur. pp 19-42.
- García, E. 1970. Carta de climas: Colima 130-VI Zacatula 130-VIII. Secreta  
rfa de la Presidencia. CETENAL-UNAM.
- García M., H.J. 1979. Evaluación de Tolerancia y susceptibilidad del sorgo  
(S. bicolor L. Moench) a la clorosis férrica y algunos mecanismos  
de adaptación. Tesis M.C. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Mé  
xico.
- González C., A. 1975. Ensayo de fertilización con una variedad de sorgo pa-  
ra grano. Tesis Profesional Ing. Agrón. Escuela de Agricultura,  
Universidad de Guadalajara.
- González, R. 1973. Efectos de la fertilización sobre el rendimiento de sor-  
go forrajero Sudax X-11 bajo condiciones de temporal en la Zona  
del Llano, Aguascalientes. Tesis Profesional Ing. Agrón. Escuela

de Agricultura Universidad de Guadalajara.

- Hahn, R.R. 1975. Elaboración en seco y productos del sorgo granífero. In: -  
Producción y usos del sorgo. Ed Hemisferio Sur. pp. 325-339.
- Hale, W.H. 1975. El grano en la nutrición de los rumiantes. In: Producción  
y usos del sorgo. Ed. Hemisferio Sur. pp. 287-301.
- Hayes, H.K., F.R. Immer and D.C. Smith. 1955. Methods of plant Breeding Mc.  
Graw-Hill Book Co. New York 2a. Ed. p.p. 256-266.
- Herron, G.M. y A.B. Erhardt. 1960. Effects of nitrogen and phosphorus fer-  
tilizers on the yield of irrigated grain sorghum in south western  
Kansas. Agron. Journal 9: 499-501.
- Hitchcock, A.S. 1950. Manual of the Grasses of the United States 2a. Ed. -  
U.S. Dept. Agr. Misc. Publication No. 200-p.p. 773-775.
- Klages H., W.K. 1942. Ecological crop geography. The Mac Millan Co. New --  
York. 615 p.
- Kramer, N.W., and Matz, S.A. 1969. Sorghum. In Cereal Science, S. A. Matz  
(Editor). Avi Publishing Co., Westport, Conn.
- Kramer, W. y W.M. Ross. 1975. El cultivo de sorgo granífero en Estados Uni-  
dos. In: Producción y usos del sorgo. Ed. Hemisferio Sur. pp. --  
93-111.
- Livera M., M. 1979. Adaptación y adaptabilidad de genotipos de sorgo (Sor-  
ghum bicolor L. Moench) tolerantes al frío. Tesis M.C. Colegio -  
de Postgraduados. Chapingo, Méx.
- Lowell, F.L., V.E. Hardolf y B.T. Billy. 1964. Grain sorghum fertilization

- in north-western Oklahoma. Agric. Exp. Sta. Bull. B-627.
- Martín, J. H. 1975. Historia y Clasificación de los sorgos. In: Producción y usos del sorgo. Ed. Hemisferio Sur. pp. 3-18.
- Muñoz, J. M. y K.O. Rachie. 1956. Fertilización y espaciamento en el sorgo. Agric. Téc. Méx. 1 (3): 17, 46-47.
- Patel, A.I., K.N. Agarwal y A.R. Patel. 1967. Effects of spacing, seed rate and fertilizers on yield of sorghum. Indian Journal. Agric. - Sci. 38 (5): 805 - 810.
- Perrin, R.K. et al. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. Manual Metodológico de Evaluación Económica. CIMMYT. Edo. de México.
- Porter, K.B., M.E. Jensen, y W.H. Sletten. 1960. The effect of row spacing, fertilizer and planting rate on the yield and water use of irrigated grain sorghum, Agron. Journal 52: 431 - 433.
- Quinby, J.R. et al. 1958. Grain sorghum production in Texas. Texas Agr. -- Expt. Sta. Bull. 912.
- Quinby, J.R. y K.F. Schertz. 1975. Genética, Fitotécnica y Producción de se milla de sorgo híbrido. Ed. Hemisferio Sur. pp. 43 - 67.
- Raheja, P.C. y B.A. Kranz. 1958. Growth, nutrient uptake and yield of grain sorghum as influenced by fertilization in Imperial Valley, California. Indian Journal. Agro. 2: 125 - 132.
- Rodríguez, J., J.R. 1978. Comparación de cuatro métodos para obtención de - Dosis Óptimas Económicas de Fertilización y Densidad de Población en una zona agrícola de temporal del Estado de México. Tesis Pro-

fesional Ing. Agron. Escuela de Agricultura, Universidad de Guadalajara.

Turrent F., A. y R.J. Laird. 1975. La Matriz Experimental Plan Puebla, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. Ed. Facsimilar Rev. Agrociencia 19. Tercera Edición 1978. Folleto No. 1. Rama de Suelos.

Vinall, H.N., et al. 1936. Identification, history and distribution of common sorghum varieties. U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 506.