

# UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

---

ESCUELA DE AGRICULTURA



Determinación de la Dosis Optima para el Cultivo del Sorgo  
- Sorghum Vulgare. Pers. - de Humedad Residual en el Valle  
de la Huerta, Jal.

T E S I S

Que Para Obtener el Titulo de:  
INGENIERO AGRONOMO  
ORIENTACION FITOTECNIA

P R E S E N T A :

Javier García Goyaz

---

Guadalajara, Jal.

1981.

Las Agujas, Hpto. de Zapopan, Jal., Enero 31 de 1981

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

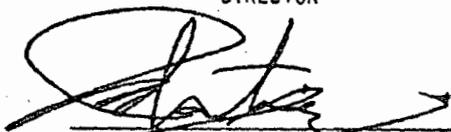
Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE \_\_\_\_\_

JAVIER GARCIA GOYAS Titulada:

"DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA PARA EL CULTIVO DEL SORGO  
(Sorghum vulgare. Pers) DE HUMEDAD RESIDUAL EN EL VALLE DE LA HUERTA,  
JAL."

Damos nuestra aprobación para la Impresión de la misma

DIRECTOR



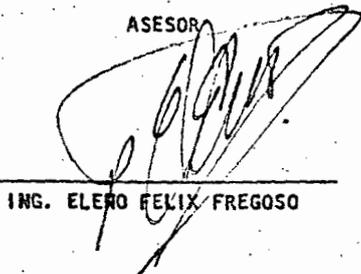
ING. GABRIEL MARTINEZ GONZALEZ

ASESOR



ING. BONIFACIO ZARAZUA CABRERA

ASESOR



ING. ELERO FELIX FREGOSO

srd.

DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA PARA  
EL CULTIVO DEL SORGO (SORGHUM VULGARE, PERS) DE  
HUMEDAD RESIDUAL EN EL VALLE DE LA HUERTA, JAL.

## AGRADECIMIENTO

A LOS INGS. GABRIEL MARTINEZ GONZALEZ,  
BONIFACIO ZARAZUA CABRERA Y ELENO FE--  
LIX FREGOSO. DIRECTOR Y ASESORES DE -  
TESIS.

AL INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIO-  
NES AGRICOLAS (S.A.R.H.) Y EN ESPECIAL  
AL CAMPO AGRICOLA EXPERIMENTAL 'COSTA-  
DE JALISCO', POR PERMITIRME REALIZAR -  
EL EXPERIMENTO PARA LA TESIS.

EN ESPECIAL A:

ING: LUIS ENRIQUE VALDEZ DIAZ,  
POR SU MOTIVACIÓN.

E

ING. FRANCISCO C. AGUIRRE PINEDA  
POR SU DESINTERESADA AYUDA.

DEDICATORIA

A MIS PADRES Y HERMANOS

A MI ESPOSA E HIJAS,  
CON CARINO

AL LIC. ALEJANDRO ESPINOSA MAGALLANES

A MIS AMIGOS

A LA ESCUELA DE AGRICULTURA

A LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

# CONTENIDO

	PÁG.
INDICE DE FIGURAS	IV
INDICE DE CUADROS	V
1.- INTRODUCCION	1
2.- REVISION DE LITERATURA	3
2.1 ORIGEN E HISTORIA DEL SORGO	3
2.2 CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	4
2.3 ECOLOGÍA Y ADAPTACIÓN	7
2.4 PLAGAS	10
2.5 ENFERMEDADES	10
2.6 USO DEL SORGO	11
2.7 FERTILIZACIÓN	12
2.8 EXPERIENCIAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO	15
2.9 SITUACIÓN ACTUAL DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DEL SORGO CON HUMEDAD RESIDUAL	17
2.10 CONCLUSIONES DE LA REVISIÓN DE BIBLIOGRAFÍA	17
3.- OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS	19
4.- MATERIALES Y METODOS	20
4.1 SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y CARACTERÍSTICAS DEL VA-	

LLE DE LA HUERTA, JAL.	20
4.1.1 LOCALIZACIÓN Y LÍMITES	
4.1.2 VÍAS DE COMUNICACIÓN	
4.1.3 CLIMA	
4.1.4 SUELOS	
4.1.5 VEGETACIÓN	
4.2 CARACTERÍSTICAS DEL LOTE EXPERIMENTAL	31
4.3 DISEÑO DEL EXPERIMENTO	32
4.3.1 FACTORES ESTUDIADOS	
4.3.2 VARIABLES DE RESPUESTA	
4.3.3 MATRIZ EXPERIMENTAL	
4.3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL	
4.3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	
4.3.6 PRUEBA DE COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TRATAMIENTO	
4.3.7 ANÁLISIS ECONÓMICO	
4.4 DESARROLLO DEL ENSAYO	43
4.4.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO	
4.4.2 SIEMBRA Y PREPARACIÓN DEL EXPERIMENTO	
4.4.3 OBSERVACIONES DE CAMPO	
4.4.4 COSECHA DEL EXPERIMENTO	



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

5.- RESULTADOS Y DISCUSION	46
5.1 RENDIMIENTO DEL SORGO GRANO TON/HA	46
5.2 ANÁLISIS DE VARIANZA	46
5.3 COMPARACIÓN DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS	47
5.3.1 EFECTOS DE NITRÓGENO Y FÓSFORO	
5.4 ANÁLISIS ECONÓMICO	51
6.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	58
7.- RESUMEN	60
8.- BIBLIOGRAFIA	62
9.- APENDICE	65



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

## INDICE DE CUADROS



<u>Nº</u>	<u>CONTENIDO</u>	<u>PAG.</u>
4.1	Cálculo del clima.	24
4.2	Distribución de la precipitación.	26
4.3	Características físicas-químicas de la sección del campo agrícola experimental Costa' de Jalisco, donde se realizó el experimento (1976-77).	33
4.4	Relación de los tratamientos obtenidos con' el diseño experimental del cuadrado doble.	34
4.5	Modelo del análisis de varianza empleado en el experimento.	38
5.6	Rendimiento-promedio de 4 repeticiones de los tratamientos, en toneladas por hectárea.	46
5.7	Resumen del análisis de varianza para rendimiento en grano de sorgo.	47
5.8	Resultados de la prueba de Duncan en la comparación de medias de tratamiento.	50
5.9	Cálculo de beneficio neto por tratamiento ' a partir de los rendimientos promedio.	52
5.10	Listado de tratamientos de mayor a menor beneficio neto y análisis de dominancia.	53
5.11	Análisis marginal de los tratamientos no dominados.	56

## INDICE DE FIGURAS

<u>Nº</u>	<u>CONTENIDO</u>	<u>PAG.</u>
4.1	Croquis de localización de la parcela experimental.	21
4.2	Climograma de la Estación de La Huerta, Jal.	28
4.3	Copia de la Carta Edafológica de DETENAL del Valle de La Huerta, Jal.	30
4.4	Matriz de tratamientos de cuadrado doble.	36
4.5	Croquis de la distribución de parcelas y tratamientos empleando el diseño experimental de bloques al azar.	37
5.6	Gráficas de respuesta a la aplicación de Nitrógeno y Fósforo.	49
5.7	Curva de beneficios netos para los niveles de fertilizante.	55

## 1. INTRODUCCION

En los últimos años el sorgo ha adquirido un gran impulso en la agricultura de nuestro país, reflejo del cual se cultivan de riego y temporal 1'396,558 hectáreas (1978) con una producción total de 4'185,055 toneladas (Ton) y un rendimiento promedio de 2,997 kilogramos por hectárea (Kg/ha); para el mismo año existió un aumento de la producción ocasionado por la ampliación de la superficie cosechada y en menor medida por los rendimientos unitarios. En 1979 el volumen del sorgo disminuyó notablemente en un 4%, debido al decremento del 2% de la superficie cosechada y el resultado de los factores climáticos que se mostraron adversos durante este año (9).

Los estados que cuentan con mayor superficie sembrada con sorgo, en orden de importancia, son: Tamaulipas, Sinaloa, Guanajuato, Michoacán y Jalisco, en los cuales se siembra más del 75% del área sorquera nacional, correspondiendo al Estado de Jalisco el 18% de la misma (27).

Jalisco, en el año de 1976, se colocó en tercer lugar en producción al cosecharse 714,700 Ton, y en quinto lugar en rendimiento al obtenerse un promedio de 3,519 Kg/ha (27).

El Valle de La Huerta atesora un gran potencial agrícola y ganadero, el primero colabora con el segundo para que esta región siga siendo una de las zonas abastecedoras de carne de mayor importancia en Jalisco, ya que éste es un importante centro productor de carne de ganado bovino, porcino y de aves.

Debido a la gran importancia ganadera que tiene el Valle de La Huerta, el sorgo presenta grandes alternativas; una, su cultivo para cubrir las necesidades alimenticias del ganado, por lo cual se debe aprovechar correctamente el potencial existente, tratando de incrementar el sistema de producción de hume

dad residual con el cultivo del sorgo.

Tradicionalmente en esta región el sorgo se ha cultivado' bajo dos sistemas: Sorgo de Temporal, en el cual se emplea fertilizante aprovechando la abundancia, buena distribución y duración de las lluvias. Por otro lado el Sorgo de Humedad Resi--- dual en los suelos profundos del Valle que conservan la humedad al final del temporal, misma que puede emplearse en cultivo de' invierno. Actualmente este sistema se explota sin fertilizar.

En el presente trabajo se prueba la posibilidad de em---- plear productos fertilizantes en el sistema de humedad residual con el objeto de incrementar la producción en el cultivo del ' sorgo. La importancia de éste radica en presentar los benefi--- cios obtenidos al aplicar fertilizantes y generalizar este sis- tema en la región para satisfacer la demanda de este grano, y ' evitar la competencia del ganado por el maíz.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 Origen e Historia del Sorgo.

Angeles en 1968 (2) considera que el origen botánico y evolutivo de los sorgos cultivados (Sorghum vulgare. Pers.) no está completamente definido, que posiblemente en unos diez años más se pueda tener una información más completa. La historia más probable del origen botánico de los sorgos es la presentada por Doggett en 1965, que indica que probablemente los sorgos cultivados se derivan de los sorgos silvestres de la subsección Arundinácea, sección Eusorghum del género Sorghum.

El sorgo se supone originario del Africa Oriental (probablemente Etiopía o Sudán) y que apareció como cultivo entre 5,000 y 7,000 años A. de C. ó tal vez más. Del Este de Africa el sorgo se extendió a toda Africa y a la India y de allí a Siria y a China en el siglo XIII.

Las semillas fueron llevadas desde Africa a diversas partes de América por esclavos cautivos durante los siglos XVII y XVIII (28).

El primer sorgo cultivado llegó a América en 1853 por el puerto de New York (E.U.A.) y se cultivaron a lo largo de la costa del Atlántico. Desde esta región, los sorgos se extendieron al Oeste a regiones más secas y en 1874 se encontraban bien establecidos en las grandes llanuras del Sureste y en California (2), (18).

No hay ningún dato de que se haya cultivado el sorgo en México antes de 1944, en efecto, ya no sólo a escala comercial, sino ni siquiera a título experimental, no fue sino a partir de este año, cuando la llamada Oficina de Estudios Especiales

introdujo para fines experimentales algunas variedades de sorgo que se probaron en Chapingo y en El Bajío (14). A partir de entonces se prosiguieron trabajos sistemáticos con gran éxito e impacto en los agricultores, ya que en 1978 se cultivaron 1.4 millones de Ha con sorgo en el territorio nacional.

## 2.2 Clasificación Taxonómica y Descripción Botánica.

a) Clasificación Taxonómica. El sorgo es una planta que pertenece a la división de las Fanerogamas, subdivisión de las Angiospermas, clase de las Monocotiledóneas, orden de las Glumifloras, familia de las gramíneas, subfamilia de las Panicoideas (Gil y Schurhoff, 1942; Hutchinson, 1944) y su nombre científico deriva del género Sorghum y de la especie vulgar (Sorghum vulgare. Pers), (15).

Antiguamente los sorgos se agrupaban en variedades relativamente distintas, figurando como más importantes los llamados Milo, Kafir, Hegari y Fetirita, muchas variedades nuevas se han originado por hibridación entre dichos grupos (18).

Atendiendo a la constitución cromosómica del sorgo, actualmente se conocen los siguientes grupos:

Sorghum vulgare: Sorgos anuales de grano, forrajeros y escoberos; tienen un número cromosómico de  $2n=20$  que han sido agrupados comúnmente en esta especie por los genetistas especialistas en sorgo de los Estados Unidos.

Sorghum halepense: Pasto Johnson, es perenne y tiene un número cromosómico de  $2n=40$ .

Sorghum versicolor: Pasto anual africano, con un número cromosómico de  $2n=10$ .

La identificación del Sorghum versicolor, sugiere la posibilidad de que tanto el Sorghum vulgare como el Sorghum halepense se pueden presentar el fenómeno de poliploidía, según se ha confirmado por medio de investigaciones citológicas (18).

Es una especie que se le conoce más de 400 variedades, entre las cuales se cuentan los sorgos escoberos, los sorgos para grano y forrajeros pero sólo unos 50 son de importancia económica (15).

Los sorgos para grano se cultivan principalmente para este fin, aún cuando algunas variedades pueden cosecharse para su uso como forraje verde o ensilaje; entre los sorgos forrajeros se distinguen especialmente el pasto del Sudán que se utiliza para pasto, heno y ensilaje y el pasto Johnson que en muchos lugares es una mala hierba que crea serios problemas (18).

b) Descripción Botánica. El sorgo es una planta sexual, monoica hermafrodita, incompleta, perfecta y autógena (23). Actualmente son híbridos, cuya longitud del ciclo vegetativo tiene un rango muy amplio y en base al número de días a floración y maduración se clasifican en tres categorías: los de ciclo precoz que van de 45 a 65 días de la siembra a la floración y de 105 a 120 días de la siembra a la cosecha; los de ciclo intermedio que van de la siembra a la floración, de 65 a 75 días y de 125 a 140 días de la siembra a la cosecha y los de ciclo tardío van de 80 a 90 días de la siembra a la floración y de 145 a 160 días de la siembra a la cosecha (19).

El sistema radicular es de tipo fibroso, con un sinnúmero de raicillas laterales, así como adventicias. La profundidad de estas raíces puede pasar de los dos metros y generalmente, si el suelo es rico en nutrientes, las raíces no desarrollan mucho, en cambio en suelos pobres y de fácil penetración éstas se

desarrollan mucho (21). Debido a lo ramificado de sus raíces la planta puede tolerar ciertos períodos de sequía sin que las partes florales en desarrollo mueran, pudiendo continuar nuevamente el crecimiento una vez que las condiciones vuelvan a ser favorables.

Los tallos son cilíndricos, erectos y pueden crecer de 0.60 a 4.50 m., están divididos longitudinalmente por nudos, de los cuales emergen las hojas, en cada nudo tiene una yema lateral y en un sorgo para grano esto es indeseable, ya que llega a constituir un verdadero problema para la cosecha, porque las panojas de estos hijos maduran muchos después de la panícula principal y al cosecharse ésta, se aumenta el contenido de humedad del sorgo seco (23). La altura de la planta está determinada por la longitud y cantidad de los entrenudos, excepto el terminal, en el que está la panícula, son generalmente más largos y uniformes en la parte media y más cortos en la base.

Las hojas parecen alternas con limbos alargados paralelos nervos y constan de dos partes principales: la vaina y el limbo o lámina, en la unión de ambos está el collar, compuesto por la lígula y el lóbulo. Son de tamaño variable y se enrollan durante los períodos de sequía disminuyendo la transpiración (28).

La inflorescencia del sorgo se denomina con el nombre de panícula, ésta es compacta o semi-compacta en algunas variedades y abierta en otras. Las espiguillas son de dos clases: sésiles y pediceladas, las últimas son por lo general estaminadas. Cada espiguilla sésil contiene un ovario, el cual después de la fecundación se desarrolla para formar una semilla. El androcéo y el ginecéo se encuentran cubiertos por las glumas, totalmente en algunas variedades y parcialmente en otras. Dichas glumas son generalmente de color negro, rojo, café o co

lor paja. Las flores de sorgo abren durante las primeras horas de la mañana y parece ser que alguna reacción que ocurre en la oscuridad es necesaria para la floración. Una panícula de sorgo puede llegar a tener hasta 6,000 flores, cuyas anteras pueden producir hasta 24'000,000 de granos de polen y ordinariamente requiere un período de 5 a 7 días para su completa floración; aunque en condiciones de temperatura relativamente baja, este período puede ser un poco más largo. El sorgo generalmente se autofecunda, sin embargo, no existe ningún obstáculo para la fecundación cruzada, el polen aparece inmediatamente después de la dehiscencia y retiene su viabilidad por menos de una hora. Los estigmas, por el contrario, permanecen receptibles por varios días (23).

Las semillas son de forma casi redonda y también pueden ser de diferentes colores, siendo los más comunes el rojo, blanco, amarillo, café y colores intermedios entre éstos. El grano forma lo que botánicamente llamamos cariopside, con un endosperma formado casi en su totalidad por almidón, que cuando le falta agua en su fase lechosa se arruga y tiene poco peso. Debe mencionarse que algunas variedades especialmente forrajeras contienen en ciertas capas de su semilla cantidades considerables de tanino, sustancia que le proporciona a ésta un color cafésáceo.

### 2.3 Ecología y Adaptación.

El sorgo es un cultivo que se siembra en diversos países del mundo y se adapta a condiciones ecológicas y edáficas muy diversas, su mayor crecimiento lo obtiene cuando el período de desarrollo es cálido retardándose en tiempo de fríos y la planta puede morir por heladas. Se considera como temperatura media óptima para su crecimiento 26.7°C y como mínima 16°C, temperaturas medias de 16°C, ya no son convenientes, pues el ciclo se alarga y bajan los rendimientos, sin embargo, se han desarro

llado variedades para climas templados con temperaturas medias' de 15°C. La temperatura máxima a la que se puede desarrollar ' el sorgo es de 37.5°C (15, 14, 23).

Para una mayor germinación y crecimiento de la planta se' requiere de que el suelo esté a una temperatura mínima 12°C. ' El sorgo es un cultivo de verano y soporta mejor las altas tem- peraturas que la mayoría de otros cultivos, pero cuando éstas ' son extremas pueden reducir su rendimiento en grano. El desa- rrollo de variedades híbridas de maduración precoz ha traslada- do los límites de mayor producción hasta zonas donde la lluvia' no excede de 130 días y las temperaturas medias durante el mes' de julio alcanzan sólo 21°C (14, 1).

Los sorgos se cultivan ampliamente en las zonas tropica-- les y templadas, pueden desarrollarse en regiones muy áridas. ' Su capacidad para tolerar la sequía, el álcali y las sales, lo' hacen un cultivo valioso en zonas marginadas donde se tenga una distribución de 400 a 600 mm de precipitación (23).

La época de siembra es muy flexible en los climas tropica- les, pues se obtienen buenos rendimientos sembrando el sorgo -' desde marzo hasta septiembre, considerando la precipitación plu- vial, para que permita la preparación del terreno, la siembra y el secado del grano para la cosecha. La temperatura y la hu- medad del suelo determinan el momento de siembra del sorgo. ' La investigación y la experiencia han mostrado que estos dos ' criterios son los mejores indicios más que una fecha específica en una zona dada (14, 1).

Por sus altas exigencias de temperatura, el sorgo raramen- te se cultiva más allá de los 1,800 mts. sobre el nivel del mar, se cultiva favorablemente de 0 a 100 mts. de altitud. En Méxi- co, se ha cultivado con éxito a los 2,200 mts. En el Valle de '

Toluca que tiene una altura de 2,600 mts. se han hecho pruebas con resultados satisfactorios (23).

El sorgo se puede cultivar entre los 45° de Latitud Norte a 35° de Latitud Sur; en las áreas comprendidas entre estas latitudes, se obtienen los mayores rendimientos debido a que más al Norte o más al Sur las temperaturas son bajas y disminuyen los rendimientos (23).

El sorgo se caracteriza por ser de un fotoperíodo corto, lo cual quiere decir que la maduración de la planta se adelanta cuando el período luminoso es corto y el obscuro es largo. Sin embargo existen diferencias en cuanto a la sensibilidad a la longitud del fotoperíodo; algunas variedades botánicas como los sorgos escoberos son poco sensitivos, en tanto que las variedades Hegari y Milo son sumamente sensitivas.

Estas diferencias de sensibilidad al fotoperíodo son de origen genético y tienen como resultado las diferencias en madurez que son comunes entre las diversas variedades del sorgo. Sin embargo, periódicamente han ocurrido mutaciones, las cuales se han utilizado para extender el cultivo del sorgo a latitudes mayores (23).

Puede cultivarse en gran diversidad de suelos: desde suelos de textura arenosa hasta suelos arcillosos pesados. Los de aluvión son buenos. Los arcillosos aunque pueden producir buenos rendimientos tienen la desventaja de que la sequía causa daños en la raíz al agrietarse el terreno. El sorgo se desarrolla bien en terrenos ligeros profundos, con un pH entre 5.5 y 8.5 y ricos en nutrientes; tolera la salinidad, alcalinidad y el escaso drenaje, pero se desarrolla mejor en suelos bien mullidos, de fertilidad alta y balanceada y con un pH casi neutro (28, 1).

## 2.4 Plagas.

El sorgo resiste los daños causados por los insectos defoliadores, pero las infestaciones de insectos que atacan al grano pueden bajar los rendimientos, sobre todo si se trata de ataques fuertes, por esta razón es necesario inspeccionar el cultivo después de la emergencia de las panojas.

Algunas de las plagas del sorgo que atacan con más frecuencia en la zona, tenemos al trips (Frankinela spp. Hood) y al gusano cogollero (Spodoptera frugiperda. J.E. Smith) que pueden aparecer atacando al follaje entre los 15 y 20 días de nacida la planta; cuando la planta está florecando puede aparecer la mosquita del sorgo (Contarinia sorghicola. Coquillet), es la plaga que puede producir daños intensos, mermando la cosecha y en algunos casos acabándola, entre otros tenemos al pulgón verde (Schizaphos graminum. Rondani), al gusano soldado (Pseudaletia unipuncta Hawort), las larvas de diabrótica (Diabrotica spp. Le Conte), al gusano barrenador (Chilo spp) y (Paratitranchus spp), las chinches (Mysius persicae. Sulzer) y (Blissus laucoptereus. Say), etc.

El uso de insecticidas específicos es muy importante, dado que son varios los insectos que actúan como plagas de este cultivo (27, 8).

## 2.5 Enfermedades.

La planta del sorgo puede ser afectada desde que nace hasta la cosecha por diversas enfermedades, éstas pueden manifestarse en la raíz, en el tallo, en las hojas y en el grano de la panícula.

Diferentes hongos de las especies (Pythium. Hesse) y (Fusarium moniliforme. Sheld) dañan la raíz principal y el pe-

queño tallo de las plantas que ya han aparecido sobre el terreno ocasionando una pudrición que termina destruyéndolas (23).

Los hongos (Macrophomina phasioli) y (Colletotricum graminicolum) producen las enfermedades denominadas pudrición carbonosa y pudrición roja del tallo, respectivamente (23, 19).

Las enfermedades de las hojas pueden presentarse como pequeños puntos o rayas en forma aislada o como manchas de gran extensión que llegan a cubrir prácticamente toda la hoja. El tizón foliar (Helminthosporium spp) es muy común en la costa de Jalisco y en todo El Bajío, produce unas manchas alargadas de tejido atizonado o necrótico de color rojizo (27, 8). Existen otras enfermedades de la hoja como la roya o el chahuixtle (Purcinia sorghi. Schw) que se presenta generalmente al final del ciclo del cultivo, por lo tanto no causó daños de importancia y el Downy mildiu (Peronoscleorospora sorghi) que produce unas rayas amarillas con márgenes bien definidos a lo largo de las hojas.

Las principales enfermedades de la panícula son las denominadas con los nombres de "Tizón" o "Carbón", causadas por hongos de la especie Sphaceloteca (Sphaceloteca reliana. Khun. -- Clinton), (Sphaceloteca sorghi. Lk. Clint) y (Sphaceloteca cruenta. Kuehn). En plantas enfermas, durante la floración se observa un desarrollo anormal de la panoja, no hay formación de granos y pueden formarse en lugar de ellos unas agallas de consistencia esponjosa (27, 23, 17).

## 2.6 Uso del Sorgo.

En la industria el grano del sorgo se emplea para la obtención de alcohol etílico, almidón, así como la dextrosa y dextrina, aceites comestibles, en un tipo especial de harina, para la obtención de adhesivos y barnices, etc. También hay variedad

des especiales que tienen uso industrial como lo son los sorgos escoberos.

En los países como India, China, Arabia, Nigeria y Etiopía; el sorgo es un cultivo de primera necesidad. En estos lugares se muele el grano diariamente con el fin de que la masa obtenida no se descomponga, ya que el germen, al igual que en la masa del maíz permanece en el producto, una vez obtenida la masa del sorgo se hace una especie de tortilla similar a la del maíz.

El grano del sorgo puede emplearse para aves de corral o para mamíferos, ya sea quebrado o molido.

Actualmente las casas fabricantes de alimentos concentrados para animales, emplean al sorgo en grandes proporciones en raciones balanceadas. El ganado lo puede aprovechar también mediante el ensilaje, ya sea que éste incluya el grano o solamente el forraje (21).

## 2.7 Fertilización.

El sorgo puede tolerar considerables variaciones en la fertilidad y en el equilibrio de diversos elementos, pero los rendimientos y la eficiencia de la planta disminuyen cuando los niveles de fertilidad son muy bajos.

Los sorgos consumen al nitrógeno durante dos períodos: en el rápido crecimiento vegetativo antes de formarse la panoja y en el desarrollo del grano. La acumulación del fósforo es esencial para el crecimiento vegetativo inicial, pero lo es más en las primeras etapas de formación del grano. La absorción del potasio es mayor durante el crecimiento vegetativo que precede a la formación de las panojas (28).

Los efectos del nitrógeno a menudo son llamativos, su presencia en diversos momentos rige en gran medida las variaciones del contenido proteico en el grano del sorgo. Cuando el nitrógeno es suficiente para el crecimiento vegetativo pero escaso para la formación del grano, el rendimiento se afecta poco, pero se reduce el contenido proteico, especialmente en el endosperma. Cuando hay más nitrógeno del necesario para obtener un máximo rendimiento puede formarse mayor cantidad de proteína en el endosperma y el grano puede tener un extraordinario contenido proteico total.

Los niveles de fósforo, potasio, calcio y magnesio disponibles en esa misma etapa, se reflejan en pequeñas desviaciones del promedio de estos elementos en el grano.

El nitrógeno es esencial para la formación de proteína de la planta y del grano del sorgo. Su falta da como resultado una disminución en el crecimiento, sistema radicular limitado, hojas de color claro, escaso peso de prueba y deficiente contenido proteico del grano. Las plantas con poco nitrógeno no asimilan bien el agua y otras sustancias.

El fósforo es importante para muchos procesos vegetales, en especial para las transferencias energéticas; también es un elemento básico de muchos compuestos vegetales. La deficiencia de fósforo retarda la floración y la maduración, reduce la relación de grano o paja y provoca un escaso desarrollo de raíces y tallos.

El potasio no falta con tanta frecuencia en los suelos de las principales regiones dedicadas al sorgo de modo que son raras sus deficiencias. Parece intervenir en las actividades regulatorias y catalíticas. Cuando hay deficiencias de potasio se seca el borde de las hojas, se debilitan las raíces y los ta

llos, las plantas son más susceptibles a las enfermedades y se produce un grano con mucha cáscara.

Las deficiencias de elementos secundarios son comunes donde los niveles de otros elementos están desequilibrados y restringen así la disponibilidad y utilización de estos nutrientes. Estas condiciones se dan generalmente en suelos muy arenosos, en otros, en suelos residuales donde la roca madre era insuficiente en algunos minerales o en ocasiones, cuando la abundante irrigación y fertilización con elementos principales provocan el aumento de los requerimientos de los elementos secundarios más allá de su disponibilidad en los suelos.

La deficiencia de hierro es muy frecuente, especialmente en suelos calcáreos. Existen indicios de que esto es el resultado de la inactividad del hierro absorbido, más que de su falta en el suelo. Su falta produce clorosis y achaparramiento; en las etapas iniciales del desarrollo se puede remediar rociando las hojas con compuestos de hierro.

La deficiencia de zinc se ha presentado generalmente en zonas muy irrigadas y fertilizadas con elementos principales no se sabe con certeza si la carencia se debe a los altos requerimientos para un mayor crecimiento vegetal o a la influencia de ciertas reacciones con otros elementos; se puede suplir eficientemente con aplicaciones al suelo y follaje.

En las regiones sorgueras no se han observado deficiencias de calcio y azufre, pero pueden aparecer síntomas de falta de magnesio en ciertos suelos muy arenosos o donde la relación de calcio y magnesio es muy alta.

## 2.8 Experiencias en el Area de Estudio.

A continuación presentamos unos experimentos previos de fertilización con diversos cultivos, efectuados por el Campo Agrícola Experimental 'Costa de Jalisco'.

David Munro O. (5) desarrolló en las instalaciones del Campo Experimental, un trabajo de fertilización en dos variedades de soya (Jalisco y Cajeme) bajo riego, en el año de 1972, empleó nueve dosis más el testigo sin fertilizar, estudiando entre 0 y 60 kg/ha de nitrógeno y fósforo.

Concluyó que no hubo diferencia significativa entre los tratamientos estudiados para cada una de las variedades, los mejores rendimientos se obtuvieron con la variedad Jalisco. Estos resultados sin duda, fueron debidos a que las variedades no estaban en su adecuada época de siembra.

Luis Hernández (5), estableció en el mismo lugar otro trabajo de fertilización en piña, en el año de 1971, con una duración de tres años, en un suelo arcilloso con bajo contenido de materia orgánica y buena disponibilidad de fósforo y potasio. Se ensayaron 15 tratamientos con dosis de 75 a 300 kg/ha de nitrógeno y fósforo, y de 75 a 150 kg/ha de potasio. Se observó que los tratamientos con mayor cantidad de nitrógeno o igual a la de fósforo resultaron mejor entre si y diferentes a los que no tenían nitrógeno o en los que éste se encontraba con menor cantidad al fósforo aplicado. La adición de potasio aumentó la longitud del fruto, aunque no hubo diferencia significativa con respecto a los que contenían solo nitrógeno o nitrógeno y fósforo.

En el Valle de La Huerta, Jal. (7), el año de 1974, se establecieron dos lotes experimentales con el objeto de estudiar

el efecto de la interacción, entre el fertilizante nitrogenado y la densidad de población en maíz de temporal, empleando el híbrido H-509 Enano. Se estudiaron 15 tratamientos combinando ambas variables, con dosis de 40 a 200 kg/ha de nitrógeno y densidades de población de 30,000 a 70,000 plantas/ha. Se obtuvo un incremento significativo en la producción debido a la aplicación de nitrógeno. Las dosis óptimas económicas para este nutriente fueron de 130 y 139 kg/ha de nitrógeno para cada sitio y los niveles óptimos poblacionales resultaron de 67,200 y 62,999 plantas/ha.

En invierno de 1974, en el mismo Valle (7), se establecieron tres experimentos de fertilización, en suelos de diferente textura, para determinar la respuesta del nitrógeno, fósforo y potasio en el cultivo de la sandía, se empleó la variedad Charleston Gray 133 bajo riego. Las dosis de variación de 0 a 200 kg/ha de nitrógeno, de 0 a 80 kg/ha de fósforo y se incluyó además un tratamiento con potasio. En dos de los sitios experimentales, con suelos de textura arcillo-limosa se observa una respuesta favorable a las aplicaciones de 100 y 150 kg/ha de nitrógeno, a fósforo entre 40 y 80 kg/ha y no se mostró respuesta positiva a las aplicaciones de potasio. En el tercer sitio de suelo franco o de aluvión, no hubo respuesta significativa con los tratamientos de fertilización.

En el mismo Valle (7) en el año de 1975, se establecieron tres experimentos donde se estudiaron los factores nitrógeno, fósforo y densidad de población en maíz de temporal. Se probaron 16 tratamientos a espacios de 40 a 200 kg/ha de nitrógeno, entre 0 y 80 kg/ha de fósforo y entre 40,000 y 80,000 plantas/ha. Se encontró que no hubo diferencia estadísticamente significativa para los tratamientos estudiados.

## 2.9 Situación Actual del Sistema de Producción del Sorgo con Humedad Residual.

La producción de sorgo de humedad residual se realiza en suelos profundos que al final del temporal guardan suficiente humedad, los agricultores realizan en estos terrenos las labores siguientes: inmediatamente después de cosechar, se ara el terreno a 30 cms., luego se pasa una rastra para arropar la humedad del suelo, para finalmente sembrar, cuando el terreno dé punto, a una distancia entre surcos de 71 cm. Generalmente se utiliza semilla híbrida y en menor proporción las criollas del lugar, la densidad de población empleada es de 250,000 plantas por hectárea y en este sistema de producción no se acostumbra fertilizar. Se dan dos labores culturales aproximadamente a los 30 y 60 días de la siembra, respectivamente y se utilizan insecticidas durante el desarrollo del cultivo para el control de plagas. Al estar el sorgo en un estado fisiológico adecuado se proporciona una persona para que lo cuide del ataque por pájaros hasta su completo secado para luego proceder a la pizca con maquinaria.

Los rendimientos del sorgo obtenidos actualmente bajo el sistema de humedad residual son muy bajos (1 ton/ha), debido por una parte a que es el segundo cultivo después de una gramínea, el maíz, lo cual se consideró que el factor nutriente del suelo provoca en parte el bajo rendimiento.

## 2.10 Conclusiones a la Revisión de Literatura.

El sorgo presenta características de adaptación en medios ambientes adecuados y desfavorables, para su explotación en condiciones de humedad residual, tiene gran tolerancia a la sequía y su sistema radicular puede desarrollar en busca de nutrientes y de humedad en suelos profundos y de fácil penetración.

la temperatura óptima para su desarrollo es de 26.7°C y como mínima 16.0°C, y en la zona las temperaturas medias en invierno la más baja es de 21.5°C en el mes de diciembre por lo que este factor se considera de poca afectación en el crecimiento y rendimiento del sorgo, asimismo con las temperaturas medias que se presentan, se deduce que la temperatura del suelo no afecta la germinación en el momento de la siembra y crecimiento radicular.

El sorgo es un cultivo de fotoperíodo corto, lo cual favorece este factor a la explotación en el época invernal, y en la zona, ya que es cuando se presenta la menor cantidad de horas luz y se puede acelerar su maduración.

En base a los requerimientos de nutrientes de los cultivos, estos van a estar por un lado en función de la disponibilidad de agua para su desarrollo, esto es, en condiciones de riego sus requerimientos pueden ser elevados en condiciones de temporal en donde el rendimiento potencial es menor, sus necesidades serán menores.

Para las condiciones de humedad residual, el agua disponible para el sorgo durante su ciclo va a tener limitantes para que desarrolle su potencial, por lo que sus necesidades de nutrientes serán bajas.

Los suelos del Valle de La Huerta son recientes y es muy probable que tengan suficiente cantidad de fósforo para que no exista respuesta a las aplicaciones de éste, encontrándose evidencias de lo anterior en algunos ensayos efectuados en el año de 1973 en los cultivos de soya bajo riego (5) y ajonjolí de riego y de humedad (5), pero en 1975 se encontraron evidencias de respuesta a fósforo en los cultivos de sandía, melón y soya (7) pero no se encuentra respuesta en maíz de temporal ni de riego (7).

### 3. OBJETIVOS, HIPOTESIS Y SUPUESTOS

El objetivo del presente trabajo es encontrar una dosis óptima económica de fertilización para aumentar los rendimientos e ingresos de los agricultores que explotan el sorgo de humedad en el ciclo de invierno, en el Valle de La Huerta, Jal.

Para lograr el objetivo planteado se generaron las siguientes hipótesis, las cuales al someterse a prueba originaron el presente trabajo.

- a) La falta de fertilización de nitrógeno y fósforo limitan la producción del sorgo.
- b) Existe una recomendación óptima económica en aplicaciones de nitrógeno y fósforo diferente de cero.

Para demostrar las hipótesis enunciadas en este trabajo se adoptaron los siguientes supuestos:

- a) La fecha de siembra, preparación del terreno y siembra, son las adecuadas para el sorgo de humedad.
- b) El espacio de exploración cubre la superficie de respuesta del sorgo.
- c) La matriz de tratamientos, diseño experimental, tamaño útil de la parcela y el análisis de los resultados, proporcionan datos confiables para lograr el objetivo.

## 4. MATERIALES Y METODOS

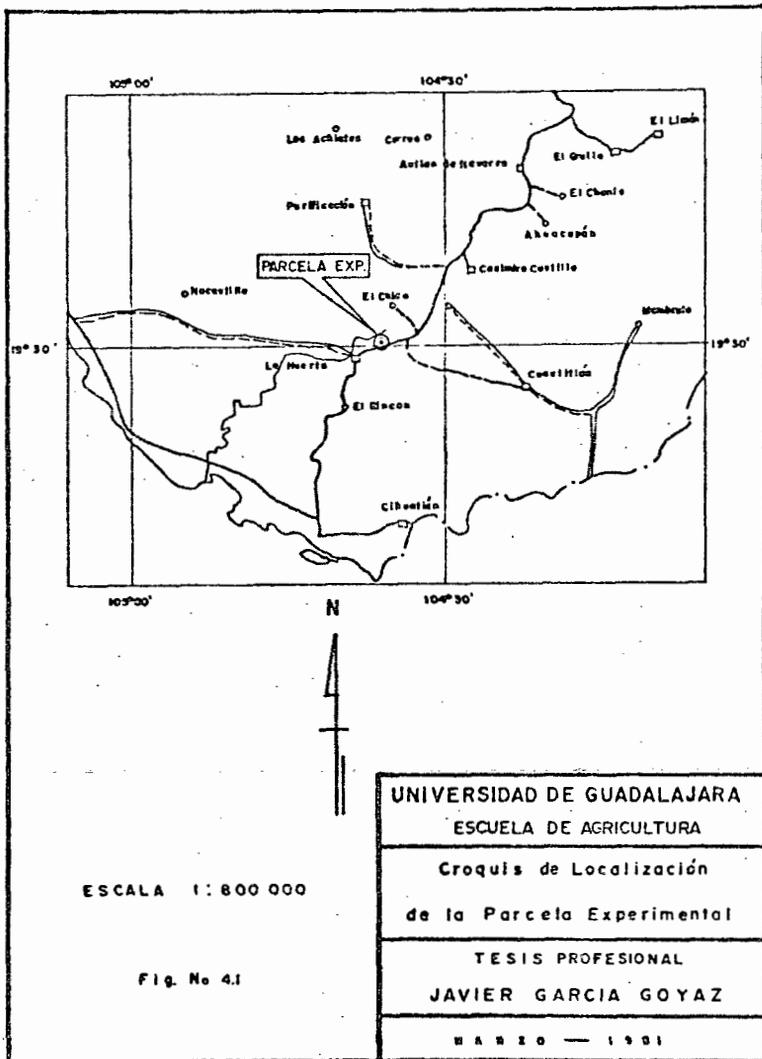
### 4.1 Situación Geográfica y Características del Valle de La Huerta, Jal.

4.1.1 Localización y Límites. El Valle de La Huerta cubre parte de los municipios de La Huerta, Casimiro Castillo y Villa Purificación; está ubicado al Sur de la Región de la Costa del Estado y en el Centro del área de influencia del Campo Agrícola Experimental Costa de Jalisco, se encuentra entre las coordenadas geográficas a los 19° 28' de Latitud Norte, 104°38' Longitud Oeste del meridiano de Greenwich y a 500 metros sobre el nivel del mar (Fig. 4.1). Limita al Norte con Talpa de Allende, al Sur con Cihuatlán y Cuautitlán, al Este con Autlán de Navarra y Unión de Tula y al Oeste con Tomatlán y el Océano Pacífico (8, 4).

4.1.2 Vías de Comunicación. La carretera Guadalajara-Barra de Navidad recorre en toda su extensión al Valle, cuenta con ramales que comunican a los poblados de La Concepción, Cuautitlán y otros, además esta carretera comunica con Colima y Puerto Vallarta.

Existen dos pistas de aterrizaje, de avión pequeño y sólo presta servicio la de La Concepción; la de la cabecera municipal se encuentra fuera de servicio (4).

4.1.3 Clima. Para el cálculo del clima se usó la información de temperatura y precipitación obtenida directamente en la estación climatológica de La Huerta, Jal. (Cuadro A.1 del Apéndice) que comprende un período de diez años (1970-1979), complementando la interpretación de los factores climáticos para esta región con los datos registrados en el Boletín del Plan Lerma (3).



De acuerdo al cálculo del clima con el Segundo Sistema del Dr. C. W. Thornthwaite (26), (Cuadro 4.1), la clasificación del clima corresponde al tipo:

C<sub>1</sub> w' A' a'

Semi-seco, moderado excedente estival, cálido con un régimen normal de calor.

Los datos registrados son los siguientes:

Temperatura media anual	24.4°C
Temperatura máxima extrema anual	39.5°C
Temperatura mínima extrema anual	6.0°C
Temperatura máxima promedio anual	32.8°C
Temperatura mínima promedio anual	17.6°C
Precipitación media anual	997.7mm
Precipitación año más húmedo (1971)	1338.1mm
Precipitación año más seco (1977)	732.6mm
Vientos dominantes	4.0 km/h SE
Evapotranspiración total	805.2mm

Temperatura. La temperatura media anual durante el período de observación fue de 24.4°C, la temperatura media más alta sucedió en el mes de junio con un valor de 27.3°C y la temperatura media más baja en enero con 21.5°C, entre los cuales se presenta un rango de variación de 5.8°C. Las temperaturas máximas y mínimas extremas son de 39.5°C y 6.0°C respectivamente.

La temperatura máxima promedio fue de 32.8°C, registrándose la más alta en el mes de mayo con 36.6°C y la más baja en enero con 30.1°C, y la variación entre éstas es de 6.5°C.

La temperatura mínima promedio fue de 17.6°C, presentándose

se la más alta en el mes de junio con 21.9°C y la más baja en febrero con 12.1°C, y la variación entre éstas es de 9.8°C.

Precipitación, El Valle se localiza en una área con régimen pluviométrico entre los 800 y 1,300 milímetros anuales, durante diez años de observación se alcanzó un promedio de 997.7 milímetros, el año más húmedo fue el de 1971 cuya precipitación alcanzó 1,388.1 milímetros y el más seco fue el de 1977 con 732.6 milímetros.

Durante los meses que cubren el ciclo de invierno se registra una lámina promedio de 20.1 milímetros anuales.

En el cálculo de clima se observó que la precipitación se distribuye en dos períodos: uno húmedo que se representa con la relación pluviométrica positiva de los meses de julio, agosto y septiembre y uno seco que pertenece a los meses con relaciones pluviométricas negativas (Cuadro 4.2).

Vientos. Los vientos dominantes soplan generalmente en dirección Sureste, alcanzando velocidades promedio de 4 km/h, pudiendo alcanzar 10 km/h durante los meses de abril a julio.

Como en esta región no se presentan problemas de granizadas, nevadas, ni heladas, estos factores no limitan el desarrollo de los cultivos.

CUADRO N° 4.1 CALCULO DEL CLIMA

N°	CONCEPTO													VALORES			
		ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SEP.	OCT.	NOV.	DIC.	MEDIOS O ANUALES			
1.	T(°C)	21.5	22.0	22.8	24.1	26.3	27.3	26.2	26.0	25.5	25.5	23.6	22.6	24.4			
2.	P(cm)	0.95	0.22	0.00	0.10	0.64	12.60	21.36	24.36	24.83	7.22	4.65	1.84	99.77			
3.	I	9.10	9.42	9.45	10.82	12.35	13.07	12.28	12.13	11.78	11.78	10.48	9.82	132.98			
4.	EP(cm)	7.12	7.64	8.53	10.12	13.25	14.20	13.10	12.79	12.06	12.06	9.49	8.30	177.17			
5.	F	0.95	0.90	1.03	1.05	1.13	1.10	1.14	1.10	1.02	1.00	0.93	0.95				
6.	EP(cm)	-6.76	6.88	8.79	10.63	14.97	15.62	14.93	14.07	12.30	12.06	8.83	7.88	133.72			
7.	MHS(cm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.43	3.57	0.00	-4.84	-4.18	-0.98				
8.	HA(cm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.43	10.0	10.0	5.16	0.98	0.00	32.57			
9.	S (cm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	6.72	12.53	0.00	0.00	0.00	19.25			
10.	d (cm)	5.81	6.66	8.79	10.53	14.33	2.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.06	53.20			
11.	EPR(cm)	0.95	0.22	0.00	0.10	0.64	13.60	14.93	14.07	12.30	12.06	8.83	2.82	80.52			
12.	E (cm)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.36	7.94	3.97	0.00	0.00				
13.	RP	-0.86	-0.97	-1.0	-0.99	-0.96	-0.13	0.43	0.73	1.02	-0.40	-0.47	-0.77				
14.	$I_h = \frac{100s}{EPa} = \frac{100 \times 19.25}{133.72} = 14.40\%$														15.	$I_a = \frac{100d}{EPa} = \frac{100 \times 53.20}{133.72} = 39.78\%$	
15.	$I_m = I_h - (0.6 I_a) = 14.40 - 0.6 \times 39.78 = 9.47\%$														17.	$S = \frac{100EEP_n}{EPa} = \frac{100 \times 45.52}{133.72} = 34.04$	

LATITUD: 10° 28' N

ESTACION: "LA HUERTA"

FORMULA:  $C_1 w' A' a'$

LONGITUD: 104° 38' W.G.

PERIODO DE OBSERVACION: 10 AÑOS  
(1970 - 1979)

Semi-seco, moderado excedente estival, cálido con régimen normal de calor.

ALTITUD: 500 msnm

CLAVES DEL CUADRO DEL CALCULO DE CLIMA

1. T Temperatura media en grados centígrados.
2. P Precipitación media en centímetros.
3. I Índice de calor.
4. EP Evapotranspiración potencial sin corregir, en cms.
5. F Factor de corrección por latitud.
6. EP Evapotranspiración potencial corregida en cms.
7. MHS Movimiento de humedad en el suelo en cms.
8. HA Humedad almacenada en el suelo en cms.
9. S Demasía de agua en centímetros.
10. D Deficiencia de agua en centímetros.
11. EPR Evapotranspiración real en centímetros.
12. E Escurrimiento en centímetros.
13. RP Relación pluvial.
14. IH Índice de humedad en tanto por ciento.
15. IA Índice de aridez en tanto por ciento.
16. IM Índice pluvial en tanto por ciento.
17. S Concentración térmica en verano en tanto por ciento.

PERIODO	NUM. DE MESES	PREC. EN CMS.	%
HUMEDO	3	70.55	70.71
SECO	9	29.22	29.29
TOTAL	12	99.77	100.00

Cuadro N° 4.2 DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION

Climograma. El climograma se forma con los siguientes datos -' del cálculo del clima:

- P = Precipitación media.
- EP = Evapotranspiración potencial corregida en cms.
- HA = Agua almacenada en el suelo en cms.
- D = Deficiencia de agua en cms.
- S = Demasías de agua en cms.
- AHA = Aprovechamiento del agua almacenada.

La base del climograma lo forman las gráficas de evapo---transpiración potencial corregida (EP), y de precipitación me-- día mensual (P), de las cuales se derivan otras dos que son: -' evapotranspiración potencial corregida más diez centímetros --' (EP+10) y la precipitación más el agua almacenada en el suelo ' (P+HA)\*, cuya suma coincide con la precipitación (P) cuando no' se tiene agua almacenada en el suelo: cuando HA = 0 (P+HA) = P.

Las áreas comprendidas bajo la línea de la (EP) pueden co rresponder a las deficiencias de humedad (D) o al aprovechamien to del agua almacenada en el suelo (AHA). En el primer caso -' las deficiencias quedan determinadas entre la (EP) y (HA)\*; a ' su vez, el aprovechamiento del agua almacenada se cuantifica en

\* La (HA) corresponde a la del mes inmediato anterior o sea al agua que ya' se encuentra almacenada en el suelo.

tre la (P) y la (P+HA) o entre (P) y (EP) cuando (P+HA) es mayor que (EP).

Las áreas comprendidas entre (EP) y (EP+10) corresponden al agua almacenada en el suelo valor máximo de 10 cms.

Las áreas comprendidas sobre (EP+10) son las demasías de agua (S), las cuales están limitadas por (P+HA).

En base a los resultados del Cuadro N°4.1, se graficaron los datos que aparecen en la Fig. 4.2, en ella aparece que de octubre a noviembre existe agua aprovechable en el suelo (AHA) decreciendo en el mes de diciembre hasta agotarse.

Lo anterior aparentemente no coincide con la realidad, lo que sucede es que el supuesto de que la evapotranspiración real corresponde a un suelo con 100% de vegetación, involucra que se agote el agua almacenada, pero en realidad el cultivo anterior se cosecha en septiembre bajando la demanda de agua fuertemente, lo cual favorece al sistema de humedad.

4.1.4 Suelos. El Valle de La Huerta cubre aproximadamente una superficie de 212,950 Ha, presenta suelos de aluvión que se han originado por el intemperismo, arrastre y depósito del material mineral de las partes altas a las más bajas de los cerros y montañas que colindan con este Valle.

De acuerdo al sistema de clasificación de suelos FAO-UNESCO modificado por DETENAL (Fig. 4.3), las unidades de suelos dominantes pertenecen a los Feosem háplico, Cambisol éutrico y en menor proporción Vertisol pélico y Gleysol mólico, cuyas características son las siguientes (11).

**FEOSEM HAPLICO:** Suelos con estructura superficial medianamente

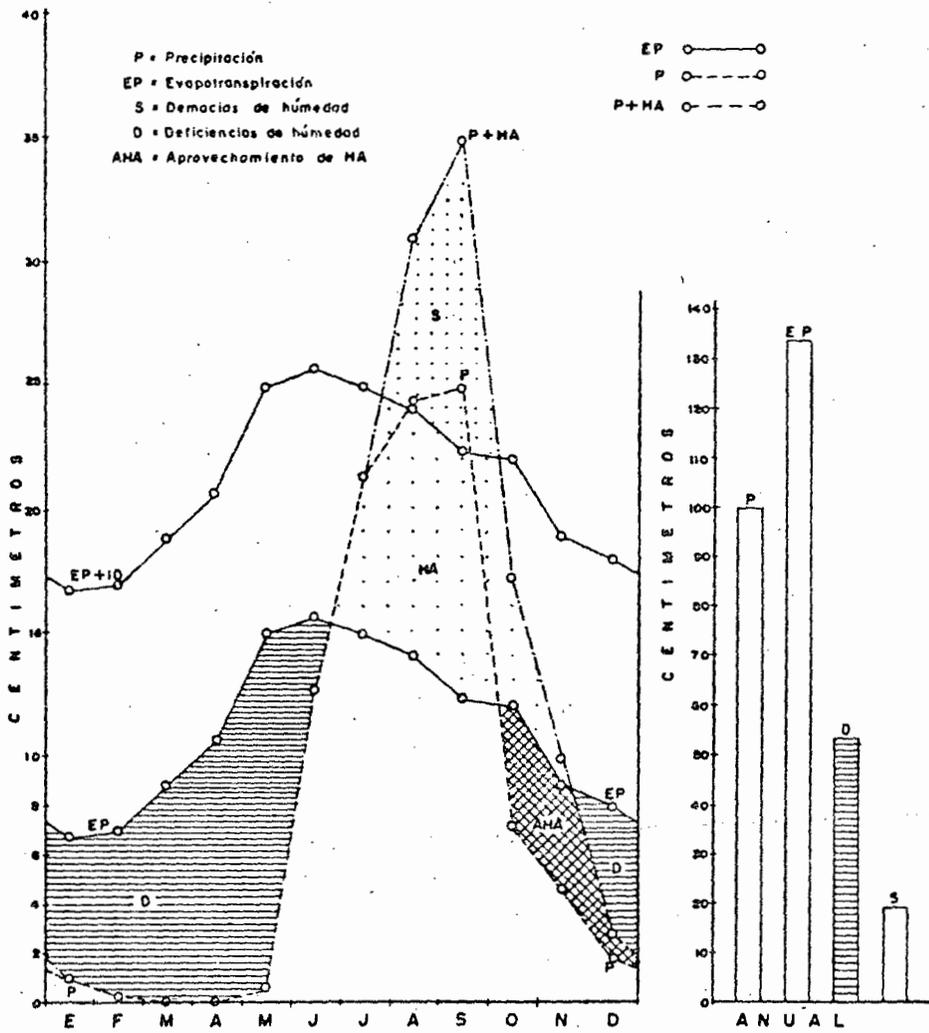


Fig. No. 4.2 Climograma de la estación La Huerta, Jal.

reciente, con más de 50% de saturación de bases, que pueden presentar un horizonte B. Cámbico con evidencias de iluviación de arcillas.

CAMBISOL EUTRICO: Estos suelos presentan un horizonte A Umbrico similar al mólico pero carente de estructura, presentando también un horizonte B Cámbico.

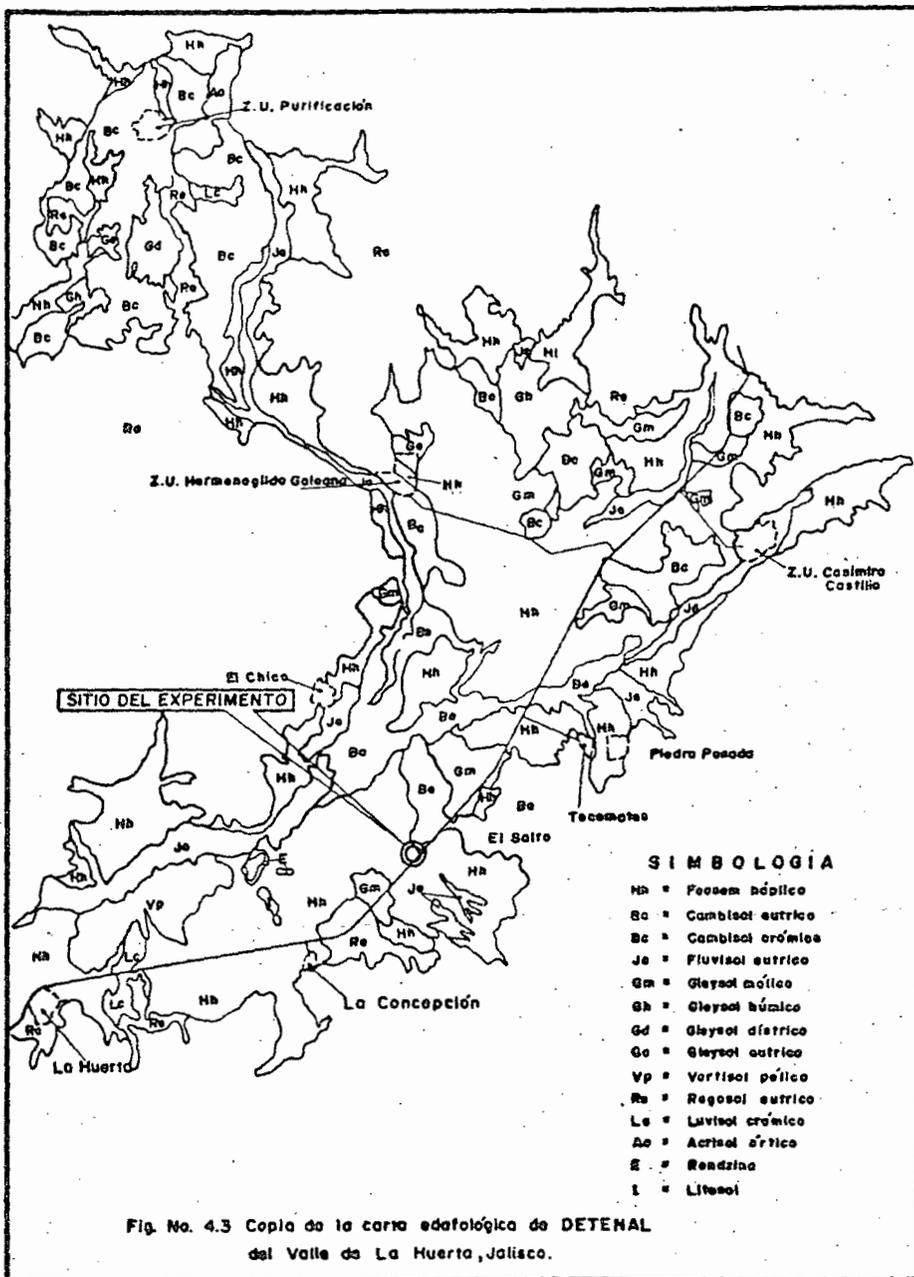
VERTISOL PELICO: Suelos profundos con altos contenidos de arcilla que presentan grietas de por lo menos un centímetro de ancho y a una profundidad de 50 cm., presentan caras de presión y agregados estructurales en forma de cuña, el color característico en húmedo es de un chroma menos de 1.5 dominante en la matriz del suelo.

GLEYSOL MOLICO: Son suelos que presentan un horizonte A mólico descansando en un horizonte Gléyico dentro de los 50 cms. de profundidad que se caracteriza por tener tonos azúles menores que 10Y y colores en húmedo de chroma bajo.

4.1.5 Vegetación. El tipo de vegetación primario que predomina en el Valle corresponde a la selva mediana subperennofilia (13), donde sus componentes arbóreos alcanzan tallas de 15 a 20 m. de altura y alrededor de 25 al 40% son deciduos, perdiendo su follaje en épocas de secas, pero esto parece ser más o menos facultativo de modo que en los años muy secos la defoliación es normalmente más pronunciada y más prolongada que en los años húmedos.

La vegetación nativa ha sido eliminada en los suelos planos y profundos por dedicarse a la agricultura.

Entre las especies más características de este tipo de vegetación se señalan algunos a continuación.



ESPECIE

N. COMUN

Enterolobium cydocarpun  
(Jacq) Griseb

Parota

Cassia oxyphylla (Kemth)

Cassia hindissi (Benth)

Partehenium argentatum (Gray)

Hippomane mancinella L.

Jarretadera

Guayule

Manzanillo



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

4.2 Características del Lote Experimental.

El experimento se estableció en uno de los lotes del campo agrícola experimental Costa de Jalisco del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, que está en El Salto, municipio de La Huerta, Jal., a la altura del kilómetro 205 sobre la carretera Guadalajara - Barra de Navidad, situada al Noreste de la cabecera municipal dentro del Valle de La Huerta (6).

El lote experimental cubrió una superficie de 2,876 M<sup>2</sup>, la parte sembrada ocupó 2,280 M<sup>2</sup>, el tamaño de la parcela se formó de 5 surcos de 0.76 M de ancho y 10.0 M de largo, lo que da una superficie de 38 M<sup>2</sup> por unidad experimental.

Los suelos donde se realizó el experimento se ubican en la unidad cartográfica denominada Feosem háplico (10) que presentan una profundidad mayor de 100 cm. y con un por ciento de pendiente (Fig. 4.3).

En base a los resultados del análisis físico y químico de las muestras tomadas en el sitio del experimento a las profundidades 0-30 y 30-60 cm., se encontró que los suelos presentan un pH ligeramente ácido en la capa arable y neutro en el subsuelo, el tipo de textura es franco, el contenido de materia orgánica y de nitrógeno total se consideró bajo y el fósforo y potasio asimilable resultó alto y ligeramente alto, respectivamente; en la relación de calcio y magnesio existe un desequilibrio pues

las cantidades de magnesio son extremadamente altas; estos suelos se encuentran libres de sales por tener un nivel muy bajo de conductividad eléctrica en el estrato de saturación y no existen problemas de sodio intercambiable (Cuadro 4.3).

#### 4.3 Diseño del Experimento.

4.3.1 Factores Estudiados. Después de un análisis de los recursos naturales y del medio ambiente, se decidió estudiar al nitrógeno y al fósforo debido a los requerimientos de estos elementos en el cultivo del sorgo. Se consideró que la dosis óptima económica se encontraba dentro de los espacios de 0 a 120 kg. de nitrógeno y de 0 a 60 kg. de fósforo, asimismo se exploró la probable respuesta a potasio y a otra fuente de fertilizante nitrogenado.

Como fuentes fertilizantes se emplearon al sulfato de amonio y al superfosfato triple de calcio, con 20.5% y 46% de nitrógeno y anhídrido fosfórico respectivamente, además se incluyeron en la matriz experimental otros dos tratamientos, uno incluye el cloruro de potasio (60%  $K_2O$ ) como fuente de potasio y en el otro se utilizó nitrato de amonio (33.5% N) como otra posible fuente de nitrógeno.

4.3.2 Variables de Respuesta. En este trabajo se pretende estudiar los efectos producidos por las fuentes fertilizantes sobre los rendimientos, así como en la respuesta económica de la aplicación de fertilizantes.

4.3.3 Matriz Experimental. Se utilizó el diseño de tratamientos Cuadrado Doble que corresponde a un factorial parcial  $5 \times 5$  obteniéndose combinaciones que cubren uniformemente la superficie de explotación (24). La relación de los tratamientos obtenidos se presenta en el Cuadro 4.4.

DETERMINACION	PROFUNDIDAD EN CM.	
	0 - 30	30 - 60
pH 1:2 (SUELO:AGUA)	6.40	7.00
% Arena	38.00	28.00
% Arcilla	24.00	38.00
% Limo	38.00	34.00
Textura	Franco	Franco arcilloso
% Humedad	1.70	2.28
% Materia Orgánica	1.54	1.63
Nitrógeno Total	0.14	0.14
Fósforo ppm	85.70	58.70
Potasio ppm	42.00	21.00
Calcio ppm	523.00	407.00
Magnesio ppm	336.00	480.00
% Carbonato Insoluble	0.65	1.04
% de Saturación	46.00	50.00
pH Saturación	6.30	7.10
C.E. Saturado (mmhos/cm).	0.65	0.56

Cuadro N° 4.3 CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DE LA SECCION DEL CAMPO AGRICOLA EXPERIMENTAL COSTA DE JALISCO, DONDE SE REALIZO EL EXPERIMENTO. 1976 - 1977.

NUM.	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO
1	0	0	0
2	0	30	0
3	0	60	0
4	30	15	0
5	30	45	0
6	60	0	0
7	60	30	0
8	60	60	0
9	90	15	0
10	90	45	0
11	120	0	0
12	120	30	0
13	120	50	0
14	60	30	30 *
15	60	30	0 **

\* Tratamiento adicional utilizando cloruro de potasio (60% K<sub>2</sub>O) como fuente de potasio.

\*\* Tratamiento adicional usando nitrato de amonio (33.5% N) como fuente de nitrógeno.

Cuadro N° 4.4 RELACION DE TRATAMIENTOS DEL DISEÑO EXPERIMENTAL DEL CUADRADO DOBLE.

Es una matriz sencilla (Fig. 4.4) que presenta el estudio de dos factores y sus interacciones incluyendo al testigo y facilita la interpretación de resultados con el método gráfico.

4.3.4 Diseño Experimental. Se empleó el diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones, en la Fig. 4.5 se presenta la distribución de las unidades experimentales.

El análisis de varianza de los rendimientos tiene su fundamento en el siguiente modelo lineal aditivo (12, 22).

$$Y_{ij} = M + T_i + B_j + E_{ij}$$
$$i = 1 \dots t; \quad j = 1 \dots r$$

En donde:

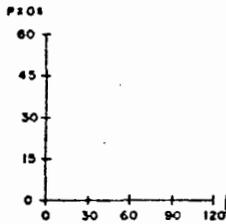
- $Y_{ij}$  = Rendimiento con el  $i$ -ésimo tratamiento en el  $j$ -ésimo bloque.
- $M$  = Media
- $T_i$  = Efecto del  $i$ -ésimo tratamiento
- $B_j$  = Efecto del  $j$ -ésimo bloque
- $E_{ij}$  = Error experimental
- $r$  = N° de repeticiones = 4
- $t$  = N° de tratamientos = 15

4.3.5 Análisis Estadístico. En el cálculo del análisis de varianza se empleó el modelo que se presenta en el Cuadro N°4.5.

4.3.6 Pruebas de Comparación de Medias. Para hacer las comparaciones entre las medias de los tratamientos se utilizó la prueba de Duncan (12,22), el proceso de ésta es como sigue:

Se ordenan las medias de los tratamientos en serie por su magnitud creciente o decreciente.

Se calcula un límite de significancia (L.S.) para cada



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

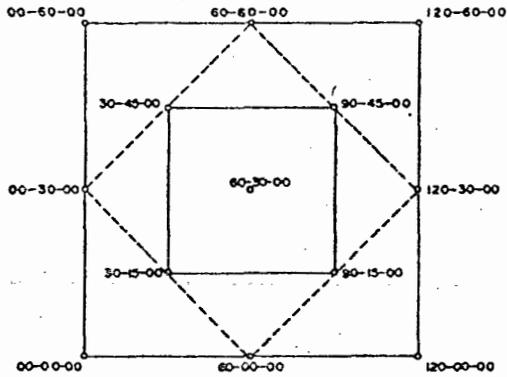


Fig. No. 4.4 Matriz de tratamientos del cuadrado doble

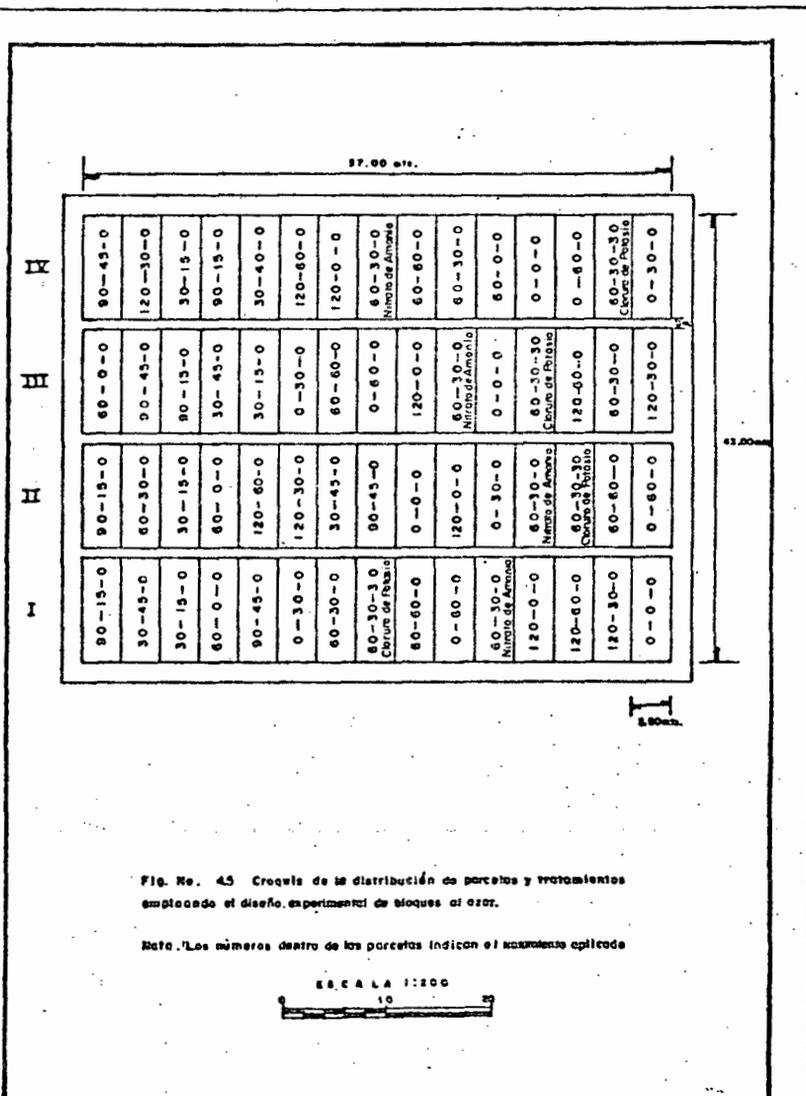
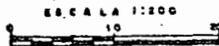


Fig. No. 45 Croquis de la distribución de parcelas y tratamientos empleando el diseño experimental de bloques al azar.

Nota: Los números dentro de las parcelas indican el tratamiento aplicado



F. DE V.	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	C.M.	Fc
BLOQUES	$r - 1$	$\frac{\sum_j Y^2_{.j}}{t} - \frac{Y^2_{..}}{r t}$	$\frac{SC \text{ Bloques}}{r - 1}$	$\frac{C.M. \text{ Bloques}}{C.M. \text{ Error}}$
TRATA- MIENTOS	$t - 1$	$\frac{\sum_i Y^2_{.i}}{r} - \frac{Y^2_{..}}{r t}$	$\frac{SC \text{ Trat.}}{t - 1}$	$\frac{C.M. \text{ Trat.}}{C.M. \text{ Error}}$
ERROR	$(r-1)(t-1)$	Por diferencia	$\frac{SC \text{ Error}}{(r-1)(t-1)}$	
TOTAL	$rt - 1$	$\sum_j \sum_i Y_{ij}^2 - \frac{Y^2_{..}}{r t}$		

Quadro N° 4.5 MODELO DEL ANALISIS DE VARIANZA EMPLEADO EN EL EXPERIMENTO.

dos medias que se comparan considerando su posición (o lugar) en la serie y el número de medias en la serie que separan a las dos medias que se están comparando.

El valor del límite de significancia se calcula de la forma siguiente:

$$L. S. = t \alpha \bar{Sx}$$

En donde:

- t = t múltiple obtenida de las tablas de Duncan para  $\alpha = 0.50$
- $\bar{Sx}$  = Error standar de la media =  $\sqrt{s^2/r}$
- $s^2$  = Varianza del error experimental
- r = Número de repeticiones

El valor de t múltiple se obtiene con los grados de libertad del error experimental y el número de medias que separan a las dos medias que se están comparando.

Dos medias se consideran diferentes si su diferencia es mayor que el límite de significancia (L.S.) calculado. En caso contrario, deben ser considerados estadísticamente iguales o equivalentes.

Los tratamientos 14 y 15 no se originaron de la matriz si no que son adicionales, por lo tanto estos no se incluyeron en el análisis de variación, para observar su efecto se sometieron a comparación con el Tratamiento N° 7 de la Matriz, empleando la prueba de "t" de student para muestras pequeñas (12, 25).

Partiendo del valor obtenido en la suma de cuadrados de las desviaciones con respecto a la media, se calculó en los tres tratamientos la varianza, desviación típica y error típico utilizando las siguientes fórmulas:

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{ij} (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2}{n - 1}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{ij} (Y_{ij} - \bar{Y}_{..})^2}{n - 1}}$$

$$ET\bar{x} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

En donde:

$\sigma^2$  = Varianza

$\sigma$  = Desviación típica

$ET\bar{x}$  = Error típico de una media

$n$  = Número de observaciones

Para apreciar si las diferencias son o no significativas, una vez obtenidas éstas, restando de la media del tratamiento número 7 de la matriz, las de los tratamientos 14 y 15, calculamos el error típico de dichas diferencias pudiéndose obtener con la fórmula:

$$ET\bar{x}_1 - \bar{x}_2 = \sqrt{(E.T.\bar{x}_1)^2 + (E.T.\bar{x}_2)^2}$$

En seguida se calcula el valor de  $t$ , estableciendo una relación entre las diferencias de las medias de los tratamientos y el error típico de la diferencia que se trate, empleando la fórmula:

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{E.T.x_1 - x_2}$$

Y se busca un valor en la tabla de  $t$  a una probabilidad del 5% a los grados de libertad, que, para este caso, es la suma de los grados de libertad de cada muestra cuya media se compara. La diferencia entre las dos medias se considera significativa si el valor de  $t$  calculado es mayor que el de  $t$  buscado en la tabla.

4.3.7 Análisis Económico. Con fines de obtener una dosis óptimo-económica de fertilización con los resultados del experimento, se utilizó el método propuesto por Perrin et al (20) que básicamente consiste en hacer una interpretación desde el punto de vista económico de los resultados que se obtengan en cualquier tipo de matriz de tratamientos. La metodología básicamente consiste en lo siguiente:

1. Primeramente debe hacerse un presupuesto parcial de los datos promedio que finalmente lleve a determinar el beneficio neto en \$/Ha por tratamiento. En síntesis, el procedimiento contempla el cálculo del beneficio bruto multiplicando el rendimiento promedio de cada tratamiento por el precio del sorgo al cual se le sustrae el valor de los costos variables para dar lugar al beneficio neto.
2. Una vez determinados los beneficios netos, se procede a enlistar los tratamientos de mayor a menor en términos de los mismos, incluyendo al testigo.
3. Se efectúa un análisis de dominación que consiste en eliminar el tratamiento cuyo costo variable sea mayor o igual al tratamiento inmediatamente superior que tiene asociado un mayor beneficio neto.
4. En base a los anteriores se grafican los tratamientos en función de sus beneficios netos y costos variables.
5. Con los tratamientos no dominados se procede a realizar el análisis marginal con el propósito de estimar la tasa de retorno marginal.
6. La tasa de retorno marginal se obtiene por la relación beneficio neto y el incremento marginal en costos variables.

Para iniciar el método se calcula el costo de cada uno de los insumos basándose en el precio actual (febrero 1980) que se obtuvo en el mercado y los gastos adicionales asociados a su aplicación.

Se consideró como costos variables al precio del fertilizante aplicado y como costos fijos a todas las demás labores del cultivo.

Para estimar la dosis óptima-económica se consideraron los precios de insumo y producto; es decir, los precios de \$1,468.28 la tonelada de sulfato de amonio (20.5% de N); \$3,658.24 la tonelada de superfosfato triple de calcio (46% de  $P_2O_5$ ) y \$2,900.00 la tonelada de grano de sorgo.

Los costos reales unitarios de insumos se calcularon de la siguiente manera:

Costo Real = Costo unitario + costo del capital + costo seguro agrícola + costo transporte + costo de aplicación.

El costo del interés sobre crédito bancario se consideró como el 7% del valor unitario del insumo a nivel comercial a seis meses. El costo del seguro agrícola del insumo se obtuvo al considerar un seguro agrícola de \$392.93 por hectárea que protege \$4,030.00 que corresponden al costo del cultivo con un interés del 7% cada seis meses. Como costo de transporte se usó un promedio de \$2.02 por kg. de nitrógeno y de \$0.90 por kg. de  $P_2O_5$ . Finalmente el costo de aplicación se dedujo de la siguiente manera: una persona puede aplicar en promedio 100 kg. de insumo por día y conjuntamente con el costo de mano de obra (\$90.00 por día) resultó que el costo de aplicar 1 kg. de nitrógeno es de \$4.30 y el de 1 kg. de fósforo es de \$1.95; en base a lo anterior el costo de 1 kg. de nitrógeno aplicado es de \$14.12 y el de fósforo es de \$11.40; en el Cuadro A.7 del Apéndice se presentan los costos de cada uno de los elementos.

#### 4.4 Desarrollo del Ensayo.

4.4.1 Preparación del Terreno. El suelo se preparó en octubre con un barbecho de 30 cms. y dos pasos de rastra para desmoronar los terrones y conservar la humedad.

4.4.2 Siembra y Preparación del Experimento. Se delimitaron las 15 parcelas de cada bloque, separado uno de otro por una calle de un metro de anchura (Fig. 4.5).

La semilla se sembró después de terminado el temporal, el día 3 de noviembre de 1976, utilizando la variedad INIA Otomí, a una densidad de 14 kgs. por hectárea, distribuyéndola manualmente a chorrillo uniforme a la profundidad de 5 cm.

Con el fertilizante se prepararon los tratamientos a probar, mezclando y pesando, y por surco se aplicó toda la dosis al momento de sembrar.

El 26 de noviembre se aclaró dejando una distancia de 5 cms. entre planta.

En condiciones de humedad residual el sorgo tiene pocos problemas por la competencia de malas hierbas, como complemento el 27 de noviembre se escardó con azadón; auxiliado de un deshierbe manual; dándose otra segunda escarda con azadón el día 16 de diciembre.

A los 36 días después de la nacencia se detectó la presencia del gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) sobre la planta del sorgo. El 9 de diciembre se aplicó insecticida Sevin 80% polvo humectable para su control a razón de 1 kg./ha en 300 lts. de agua; disminuyendo el ataque del gusano cogollero, pero sin quedar bien controlado, siendo necesaria una segunda aplicación. El 21 de diciembre se efectuó una segunda aplica--

ción empleando el mismo insecticida y la misma dosis para el exterminio total del gusano cogollero. Además el 29 de diciembre se empleó Sevin 80% polvo humectable a razón de una dosis de 1.5 kg/ha, en 300 lts. de agua para prevenir el ataque de la mosca midge (Contarinia sorghicola).

Otro de los problemas presentes en el sorgo es el ataque de pájaros que causan daños, desde la formación del grano hasta la cosecha; el tordo o zanate (Crossidix mexicanus) es el que se presenta con más frecuencia en esta región y de no tomar medidas, sus daños pueden mermar los rendimientos hasta un 70%, para evitar esto se empleó a una persona durante los meses de enero y febrero, como pajarero del lote experimental.

4.4.3 Observaciones de Campo. Se visitó el experimento periódicamente desde el 24 de diciembre al 14 de febrero, para observar el efecto de los tratamientos, tomándose algunos datos del cultivo del sorgo tales como fechas para los días de la floración y maduración, altura de la planta, excerción de la panoja, daño por tizón foliar (Helminthosporium turcium), etc., factores que nos podrían ayudar en la interpretación de los resultados.

4.4.4 Cosecha del Experimento. Esto se hizo a los 115 días de la siembra, de la siguiente forma: de cada parcela experimental se tomaron tres surcos centrales de 10 mts. de los que se desechó un metro por cabecera.

La parcela útil fue de 15.20 M<sup>2</sup>, que equivale a cosechar dos surcos y medio de 8 M de longitud y 76 cm. de separación.

Las panojas se cosecharon manualmente depositándolas en un costal y se dejaron secar por espacio de 8 días para reducir el contenido de humedad; para obtener resultados más confiables, una vez secadas las panojas, se les dieron dos pasos en una trilladora fija.

Los rendimientos del grano de sorgo secado al aire se registraron al momento de la trilla en kilogramos por parcela útil de éstos se tomaron muestras de 200 gramos para determinarles el porcentaje de materia seca y el contenido de humedad, la cual varía de 11.7% a 14.6%.

Con el contenido de materia seca del grano se ajustaron los rendimientos a kilogramos por hectárea, empleando en todos los casos un factor de conversión de 657.8947 y al emplear los rendimientos en el análisis estadístico, éstos quedaron representados en base seca y en toneladas por hectárea.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

## 5. RESULTADOS Y DISCUSION

### 5.1 Rendimiento del Sorgo Grano Ton/Ha.

A partir de los pesos del sorgo en base seca y por unidad experimental, (parcela útil), se calcularon los rendimientos de cada tratamiento en toneladas por hectárea (Cuadro A.2 del Apéndice). Los rendimientos promedio de cuatro repeticiones se presentan a continuación (Cuadro 5.6).

T R A T A M I E N T O		REND.PROM. DE 4 REP.
N°	DOSIS	
1	0 - 0 - 0	1.422
2	0 - 30 - 0	1.719
3	0 - 60 - 0	1.692
4	30 - 15 - 0	2.180
5	30 - 45 - 0	2.168
6	60 - 0 - 0	2.224
7	60 - 30 - 0	1.992
8	60 - 60 - 0	2.162
9	90 - 15 - 0	2.032
10	90 - 45 - 0	2.162
11	120 - 0 - 0	2.154
12	120 - 30 - 0	1.980
13	120 - 60 - 0	2.128

Cuadro N° 5.6 RENDIMIENTO PROMEDIO DE 4 REPETICIONES DE LOS TRATAMIENTOS EN TONELADA POR HECTAREA.

### 4.3 Análisis de Varianza.

Con las observaciones de los rendimientos en Ton/Ha, se efectuó el análisis de varianza, el resultado se presenta en el Cuadro 5.7 y el cálculo en el Cuadro A.3 del Apéndice.

Se tuvo una media general de 2.001 ton/ha con un mínimo de 1.422 ton/ha, que corresponde al testigo (0 - 0 - 0) y un máximo de 2.224 ton/ha, que se obtuvo del tratamiento (60 - 0 - 0) que son, en términos generales, bajos en comparación con los rendimientos que se obtienen bajo condiciones de temporal, pero aceptables bajo condiciones de humedad residual.

FACTOR DE VARIACION	GRADOS DE LIBERTAD	F CALCULADA
Tratamientos	12	3.30 **
Repeticiones	3	1.06 N.S.
Error Exp.	36	
T O T A L	51	

C V = 13.39

\*\* = Altamente significativo

N.S. = No significativo

Cuadro N° 5.7 RESUMEN DEL ANALISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DEL GRANO DE SORGO.

En base al Cuadro 5.7, el coeficiente de variación resultó ser de 13.39%, lo cual indica que el ensayo en general fue llevado a cabo con condiciones ecológicas de la parcela homogénea, obteniendo poca variación para tratarse de un experimento de sistema de humedad, por lo cual los resultados son confiables.

Del Cuadro 5.7, se observa que el efecto de los tratamientos es altamente significativo, dado que el valor de F calculado resultó mayor que el valor de F al nivel de significación seleccionado.

### 5.3 Comparación de Medias de Tratamientos.

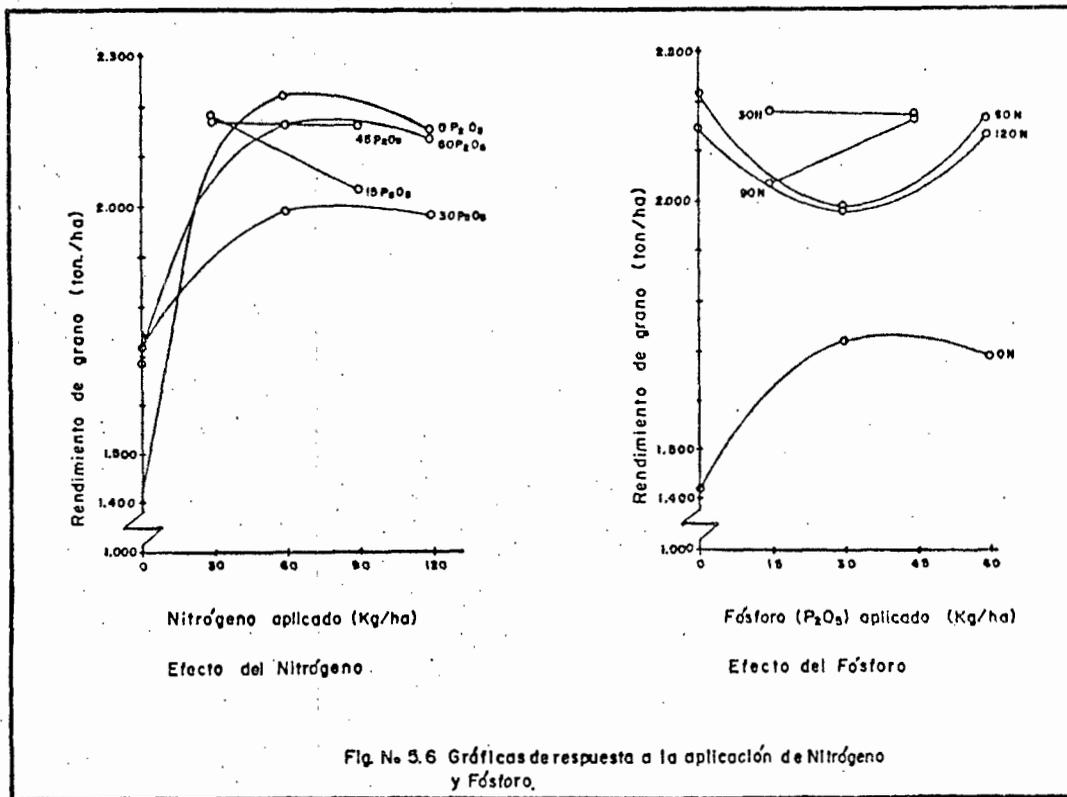
5.3.1 Efectos del Nitrógeno y Fósforo. Una vez efectuado el análisis de varianza, se procedió a efectuar las pruebas de com

paración de medias (Duncan), de las cuales se presentan los resultados en el Cuadro A.4 del Apéndice y Cuadro 5.8 en los que se observa que no existe respuesta a la adición de fósforo, ya que los tratamientos 1, 2 y 3 son iguales a un nivel de probabilidad de error del 0.05, asimismo se encontró que existe respuesta a la adición de nitrógeno, debido a que el tratamiento 1 del testigo, es diferente a los tratamientos 6 y 11 y estos dos son iguales entre sí a un nivel de probabilidades del 0.05' de error.

En base a los mismos resultados se encontró que no existe interacción nitrógeno-fósforo, debido a que no hay diferencias significativas al comparar los tratamientos 4,5,8,10,13,9, 7 y 12 con los que contienen únicamente nitrógeno.

Analizando gráficamente los datos del rendimiento promedio de los tratamientos (Fig. 5.6), se observa que hay una ligera respuesta a fósforo, no significativa en ausencia de nitrógeno, la respuesta a la adición de nitrógeno es positiva y no existe interacción nitrógeno-fósforo. La ligera respuesta a fósforo se debe a la riqueza de este elemento en los suelos y/o a los bajos rendimientos del sorgo bajo este sistema.

Esto se interpreta que al no existir respuesta a fósforo en los tratamientos con nitrógeno-fósforo, la respuesta significativa encontrada se debe exclusivamente a la adición de nitrógeno; el tratamiento de mayor rendimiento correspondió al - - - 30 - 15 - 0 como la matriz no permitió el tratamiento 30-0-0 se concluye que la respuesta más alta se debe a los 30 kgs. de nitrógeno (Fig. 5.6) siendo los rendimientos estables después de los 30 kgs. de nitrógeno, por lo cual se considera que existe una fuerte limitante que impide una mayor respuesta en la producción del sorgo, generando la hipótesis de que los factores limitantes son la disponibilidad del agua y posiblemente la temperatura.



N°	TRATAMIENTOS	PROM. TON/HA	SIGNIFICACION ESTADISTICA
6	60 - 0 - 0	2.224	a
4	30 - 15 - 0	2.180	a
5	30 - 45 - 0	2.168	a
8	60 - 60 - 0	2.162	a
10	90 - 45 - 0	2.162	a
11	120 - 0 - 0	2.154	a
13	120 - 60 - 0	2.128	a b
9	90 - 15 - 0	2.032	a b c
7	60 - 30 - 0	1.992	a b c
12	120 - 30 - 0	1.980	a b c
2	0 - 30 - 0	1.719	b c d
3	0 - 60 - 0	1.692	c d
1	0 - 0 - 0	1.422	d

Cuadro N° 5.8 RESULTADO DE LA PRUEBA DE DUNCAN EN LA COMPARACION DE MEDIAS DE TRATAMIENTOS.

En el Cuadro A.5 del Apéndice se presentan los resultados obtenidos al comparar las medias de los tratamientos (tratamientos 14 y 15) con uno de la matriz, empleando la prueba de t de student a un nivel de significancia del 0.05, en el que se puede observar la evidencia de que las diferencias de estos tratamientos no son significativas, ya que al comparar el efecto de nitrato de amonio como fuente de nitrógeno con el del sulfato de amonio se obtuvo un valor de  $t = 0.230$ , que es menor que el de  $t(0.05 \text{ 6 G.L.}) = 2.447$  igualmente al comparar el cloruro de potasio como fuente de  $(K_2O)$ , el valor de  $t = 0.386$  es menor que el de  $t(0.05 \text{ 6 G.L.}) = 2.447$ , concluyendo que no existe respuesta a potasio y que la otra fuente nitrogenada no afecta el rendimiento en sorgo de humedad.

#### 5.4 Análisis Económico.

Para obtener la dosis óptima económica entre los tratamientos se realizó un análisis económico en base a la metodología propuesta por Perrin et al (20), explicado en el capítulo anterior, al iniciar éste, primeramente se calcularon los costos variables de los tratamientos.

Los costos variables se definen como el capital empleado exclusivamente para la aplicación del fertilizante, a su vez están dados por la función:

$$C V = nN + pP$$

En donde:

C V = Costos variables.

n = Costo real de 1 kg. de nitrógeno aplicado.

N = Kg. de nitrógeno por hectárea que constituye al tratamiento.

p = Costo real de 1 kg. de fósforo ( $P_2O_5$ ).

P = Kg. de fósforo ( $P_2O_5$ ) por hectárea que constituye el tratamiento.

Este primer cálculo se presenta en el Cuadro A.6 del Apéndice.

Una vez determinando los costos variables se efectúa el cálculo del beneficio bruto, multiplicando el rendimiento de los tratamientos por el precio del sorgo y se le sustrae el valor de los costos variables para obtener el beneficio neto, los resultados se presentan en el Cuadro 5.9.

TRATAMIENTOS N°	DOSIS	RENDIMIENTO TON/HA	BENEFICIO BRUTO/HA	COSTOS VARIABLES	BENEFICIO NETO
1	0 - 0 - 0	1.422	4,123.80	000.00	4,123.80
2	0 - 30 - 0	1.719	4,985.10	342.00	4,643.10
3	0 - 60 - 0	1.692	4,906.80	684.00	4,222.80
4	30 - 15 - 0	2.180	6,322.00	594.60	5,727.40
5	30 - 45 - 0	2.168	6,287.20	936.60	5,320.60
6	60 - 0 - 0	2.224	6,449.60	847.20	5,602.40
7	60 - 30 - 0	1.992	5,776.80	1,189.20	4,587.60
8	60 - 60 - 0	2.162	6,269.80	1,531.20	4,738.60
9	90 - 15 - 0	2.032	5,892.80	1,441.90	4,450.90
10	90 - 45 - 0	2.162	6,269.80	1,783.80	4,486.00
11	120 - 0 - 0	2.154	6,246.60	1,694.40	4,552.20
12	120 - 30 - 0	1.980	5,742.00	2,036.40	3,705.60
13	120 - 60 - 0	2.128	6,171.20	2,383.40	3,787.80

Cuadro N° 5.9 CALCULO DEL BENEFICIO NETO POR TRATAMIENTO A PARTIR DE LOS RENDIMIENTOS PROMEDIO.

Enseguida se enlistarán los tratamientos de mayor a menor beneficio neto acompañados de sus respectivos costos variables y se efectuó el análisis de dominancia, obteniéndose los resultados (Cuadro 5.10).

BENEFICIO NETO	TRATAMIENTOS N°	DOSIS	COSTOS VARIABLES
5,727.40	4	30 - 15 - 0	594.60
5,602.40	6	60 - 0 - 0	847.20 *
5,350.60	5	30 - 45 - 0	936.60 *
4,738.60	8	60 - 60 - 0	1,531.20 *
4,643.10	2	0 - 30 - 0	342.00
4,587.60	7	60 - 30 - 0	1,189.20 *
4,552.20	11	120 - 0 - 0	1,694.40 *
4,486.00	10	90 - 45 - 0	1,783.80 *
4,450.90	9	90 - 15 - 0	1,441.90 *
4,222.80	3	0 - 60 - 0	684.00 *
4,123.80	1	0 - 0 - 0	000.00
3,787.80	13	120 - 60 - 0	2,383.40 *
3,705.60	12	120 - 30 - 0	2,036.40 *

\* Tratamientos dominados.

Cuadro N° 5.10 LISTADO DE LOS TRATAMIENTOS DE MAYOR A MENOR BENEFICIO NETO Y ANALISIS DE DOMINANCIA.

Los resultados del presupuesto parcial de varias alternativas se resumen en la curva de beneficio neto, en ésta se relacionan los costos variables de cada alternativa y los beneficios netos promedios obtenidos.

En la Fig. 5.7 se representa cada uno de los tratamientos de fertilizante a partir del Cuadro 5.9 de acuerdo con el beneficio neto y los costos variables de cada tratamiento. En cada uno de los puntos representados mostramos entre paréntesis, los niveles de nitrógeno y de fósforo.

Los niveles de fertilizantes que no se unen por ninguna línea son las alternativas dominadas, porque para cada una de ellas existe otra alternativa con un mayor beneficio neto y un menor costo variable. No se debe escoger ninguna de estas alternativas dominadas.

Los tratamientos unidos con una línea sólida, son las opciones no dominadas y ésta es la curva de beneficio neto.

En base a la Fig. 5.7 en la cual se muestra la curva de opciones no dominadas se interpreta que, con dosis muy bajas de fertilizantes (30-15-0), se obtiene el mayor beneficio neto con bajos costos variables.

El otro aspecto importante de la curva de beneficio neto es la forma entre el tratamiento testigo (0-0-0) y el tratamiento (30-15-0). Los dos segmentos de la línea sólida caen por debajo de la línea punteada que conecta a estos dos puntos, lo normal sería que una curva de beneficio neto cayera sobre la línea punteada, lo cual indica que puede existir interacción negativa de nitrógeno y fósforo.

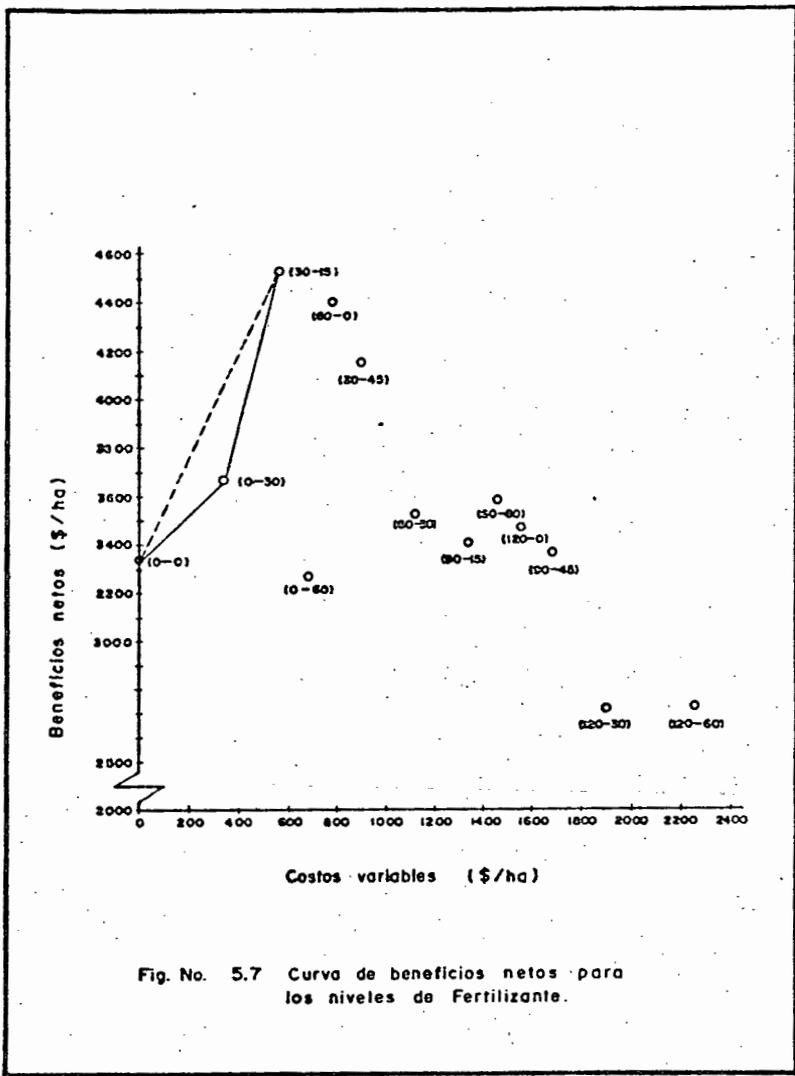


Fig. No. 5.7 Curva de beneficios netos para los niveles de Fertilizante.

Con los tratamientos no dominados, se realiza el análisis marginal, presentado en el Cuadro 5.11 para estimar la tasa de retorno marginal.

Primeramente se estima el incremento marginal en beneficio neto en el tratamiento que se analice, en los \$342.00 que se invierten en el tratamiento (0-30-0) sería de - - - \$4,643.10 - \$4,123.80 = 519.30. El próximo incremento posible de inversión es gastar \$594.60 - \$342.00 = 252.60 al adicionar 30 kg. de N/Ha y eliminar 15 kg. del fósforo/Ha que nos llevaría al tratamiento 30-15-0. El incremento marginal en beneficio neto estaría dado por \$5,727.40 - \$4,643.10 = \$1,084.30.

La tasa de retorno marginal se obtuvo por la relación beneficio neto marginal/costo variable marginal.

BENEFICIO NETO	TRATAMIENTOS N°	DOSIS	COSTOS VARIABLES	IMBN	IMCV	TRM
5,727.40	4	30-15-0	594.60	1,084.30	252.60	429%
4,643.10	2	0-30-0	342.00	519.30	342.00	151%
4,123.80	1	0-0-0	000.00	---	---	---

IMBN = Incremento marginal del beneficio neto.

IMCV = Incremento marginal de los costos variables.

TRM = Tasa de retorno marginal.

Cuadro N° 5.11 ANALISIS MARGINAL DE LOS TRATAMIENTOS NO DOMINADOS.

De acuerdo con los autores (20) se debe fijar una tasa de retorno mínima para que sea costeable la tecnología y la cual va a estar fijada por las cuestiones socioeconómicas de los usuarios. En el presente caso se fijó una tasa de retorno marginal del 100% por ser ésta adecuada para garantizar la inversión del agricultor. De los tratamientos que rebasen la tasa fijada, el de mayor beneficio neto determina la D.O.E. de capital ilimitada.

do y el de máxima tasa de retorno marginal determina la D.O.E. de capital limitado (23).

En base al Cuadro 5.11, se concluyó que el tratamiento 30-15-0 correspondió a la dosis óptima económica tanto del capital limitado como del capital ilimitado por presentar la máxima tasa de retorno marginal y el mayor beneficio neto.

La metodología de Perrin et al se encontró de acuerdo para esta matriz de tratamientos, la conclusión es un reflejo de los resultados, pero asimismo se encontró que la matriz de tratamientos, no fue la más adecuada por lo que la dosis óptima económica obtenida no es real, debido a que en el ensayo no existe respuesta a fósforo y la dosis 30-0-0 no existe en la matriz; esto se interpreta diciendo que la respuesta del tratamiento 30-15-0 se debe única y exclusivamente a la adición de nitrógeno por lo cual la D.O.E. es de 30-0-0. El costo de la dosis 30-15-0 es de \$594.60 en cambio la dosis de 30-0-0 es de \$423.60, cuya diferencia es de \$171.00, cifra que ya es importante si se habla en gran escala y con crédito; asimismo se tiene que considerar que el ensayo fue realizado en los terrenos del campo y es donde no se presenta respuesta a fósforo ignorando su probable respuesta en otros sistemas de producción de la zona.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La hipótesis planteada en lo referente a la aplicación de nitrógeno y fósforo se cumplió parcialmente, ya que la aplicación de fósforo no significó aumento en el rendimiento, sin embargo la aplicación de nitrógeno provocó un aumento en la cantidad de sorgo cosechado, ya que:
  - a) Se obtuvo respuesta significativa y positiva en rendimiento de grano a las aplicaciones de nitrógeno.
  - b) No existió interacción entre el nitrógeno y el fósforo aplicado.
  - c) No existió una respuesta en rendimiento a la fertilización con fósforo y potasio.
2. Los resultados no ponen en evidencia a los supuestos del trabajo, excepto la matriz de tratamientos empleada que no fue la más adecuada y los espacios de exploración fueron muy amplios.
3. No se observó significancia al comparar el sulfato de amonio con el nitrato de amonio, como diferentes fuentes de nitrógeno, por lo tanto pueden utilizarse cualquiera de los dos.
4. Existe un factor limitante (humedad) que no permite una mayor respuesta a la aplicación de fertilizantes.
5. Con el método de análisis económico de Perrin et al resultó que el mejor tratamiento es el (30 - 15 - 0), pero como el fósforo no presentó efectos significativos, se consideró que la Dosis Óptima Económica corresponde al tratamiento (30 - 0 - 0), y esta puede incrementar los rendimientos de grano a 758 kg/ha más, que el del testigo sin fertilizar.

6. Es factible la fertilización del cultivo del sorgo en humedad residual en el Valle de La Huerta, Jal., pues los resultados son alentadores, por lo cual se hace necesario establecer otros ensayos de fertilización para poder dar recomendaciones en el área de influencia del Campo Agrícola Experimental.
7. Es recomendable la experimentación en sorgo de humedad residual en función del tipo de suelo (profundidad, textura y manejo) para generar recomendaciones para cada sistema de producción del área de influencia.



ESCUELA DE AGRICULTURA  
BIBLIOTECA

## 7. RESUMEN

Durante el ciclo de invierno 1976-77 a través de Departamento de Suelos del Campo Agrícola Experimental 'Costa de Jalisco', se llevó a cabo en terrenos de la misma Institución, el presente trabajo del cultivo del sorgo (Sorghum vulgare Pers.), bajo condiciones de humedad residual, con el objeto de determinar la factibilidad de incrementar los rendimientos unitarios por medio de la fertilización química.

Se probaron 15 tratamientos; 13 de la matriz cuadrado doble y 2 adicionales, uno para observar el efecto de otra fuente de nitrógeno y el otro para explorar la respuesta a potasio.

El espacio de exploración varía para el nitrógeno de 0 a 120 kg/ha y para el fósforo de 0 a 60 kg/ha.

El experimento duró 115 días, después, se cortaron las panojas y se pusieron al sol durante un corto período, posteriormente se trillaron y se registraron los rendimientos, de éstos se tomaron muestras para determinar el porcentaje de materia seca y el contenido de humedad de cada tratamiento para corregir los rendimientos en base seca y ton/ha.

En base a los rendimientos corregidos, la interpretación estadística y gráfica permitió llegar a las siguientes conclusiones:

- a) Se obtuvo respuesta significativa y positiva en rendimiento de grano a la aplicación de nitrógeno.
- b) No existe interacción entre el nitrógeno y el fósforo aplicado.

- c) Las adiciones de fósforo y potasio no aumentaron el rendimiento de grano en forma significativa.
- d) No se observó significancia al comparar el tratamiento de sulfato de amonio con el nitrato de amonio como diferentes fuentes de nitrógeno, por lo tanto puede emplearse cualquiera de las dos.

Al analizar económicamente los tratamientos se encontró que la Dosis Optima Económica, corresponde al tratamiento (30 - 0 - 0).

## 8. BIBLIOGRAFIA

- 1] ACEVES, N.V.A. "Evaluación de cinco niveles de zeolite en la producción de sorgo forrajero en el municipio de Zapopan, Jal." Tesis profesional. Escuela de Agricultura. Universidad de Guadalajara, México 1977.
- 2] ANGELES, A.H.H. "El malz y el sorgo y sus programas de mejoramiento genético en México". I Simposio Nacional de Fitomejoramiento. SOMEFL. Chapingo, Méx. 1978.
- 3] ANONIMO. "Plan Lerma Boletín Núm.4. Meteorológico." Guadalajara, Jal. México, 1968.
- 4] ANONIMO. "Desarrollo regional y municipal. Región de Cuahuatlán". Departamento de economía del Estado de Jalisco. 1972.
- 5] ANONIMO. "Información de la investigación agrícola sobre fertilizantes en la zona Costa del Estado de Jalisco." S.A.G., I.N.I.A., C.I.A.B. México, 1974.
- 6] ANONIMO. "Subproyectos 1975". Campo Agrícola Experimental Costa de Jalisco. I.N.I.A., C.I.A.B., México, 1975.
- 7] ANONIMO. "Avances de la investigación agrícola sobre fertilizantes en la zona Costa del Estado de Jalisco." S.A.G., I.N.I.A., C.I.A.B., México, 1976.
- 8] ANONIMO. "Guía para la asistencia técnica agrícola. Campo agrícola experimental 'Costa de Jalisco'; S.' A.R.H., I.N.I.A., C.I.A.B., México, 1977.
- 9] ANONIMO. "Boletines Internos Núms. 3 y 49". Dirección General de Economía Agrícola. S.A.R.H. 1979.
- 10] CETENAL. "Cartas Edafológicas Núms. E-13-B-32 y E-13-B-32". Secretaría de la República Mexicana. 1976.
- 11] CUANALO, H. "Apuntes de Pedología". Apuntes de clase. Colegio de Postgraduados. Chapingo, Méx. 1975.
- 12] DE LA LOMA, J.L. "Experimentación Agrícola". Ed. UTEHA. México, D. F. 1966.
- 13] FLORES, G., et al. "Mapa de tipos de vegetación de la República Mexicana". Dirección de Agrología, S.A.

R.H., México, 1971.

- 14] GACETA AGRICOLA. "Edición especial del cultivo del sorgo." Guadalajara, Jal. 1974.
- 15] GACETA AGRICOLA. "Edición especial del cultivo del sorgo." Guadalajara, Jal. 1976.
- 16] LAIRD, R.J. "Análisis económico de experimentos". Copias de clase. Mimeografiado. Colegio de postgraduados. Rama de Suelos. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, México. 1976.
- 17] LEON, G.H.M. "Enfermedades de los cultivos en el Estado de Sinaloa". S.A.G., I.N.I.A. México, 1978.
- 18] MILTON, P.J. "Mejoramiento genético de las cosechas". Cuarta reimpresión. Edit. Limusa, S.A. México, D. F. 1974.
- 19] MOYA, C.F.J. "Ensayo de rendimiento de diez variedades de sorgo para grano en Zapolitán de Hidalgo, Municipio Jocotepec, Jal." Tesis profesional. Escuela de Agricultura. Universidad de Guadalajara.
- 20] PERRIN, et al. "Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos". Centro internacional de mejoramientos de maíz y trigo. México, D. F., 1976.
- 21] PINTER, J.V. et al. "El cultivo del sorgo". Folleto técnico Núm.15. Oficina de estudios especiales. S.A. G. México, D. F. 1965.
- 22] REYES, C.P. "Diseño de experimentos agrícolas". Edit. Trillas, S.A. México, D. F. 1978.
- 23] ROBLES, S. R. "Producción de granos y forrajes". Edit. Limusa, S. A. Primera edición. México, D. F. 1975.
- 24] SANTIZO, J. "Apuntes de diseños experimentales". Apuntes de clase mimeografiados. Colegio de postgraduados. Chapingo, México, 1977.
- 25] THOMAS, M. LITTLE et al. "Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura." Edit. Trillas. México, 1976.
- 26] THORNTHWAITTE, C.W. "Instructivo para la determinación del clima de acuerdo al 2º sistema de Thornthwaite." Dirección de Agrología, S.A.R.H. México, D. F. 1972.

- 271 VEGA, G. et al. "Resultados de la investigación agrícola en el cultivo del sorgo de riego y temporal para el Bajío" Conferencias técnicas. Mimeografo. 1979.
- 281 WALL, S. Joseph y Ross M. William. "Producción y uso del sorgo". Edit. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Arg. 1975.

## 9. APENDICE

- A.1 Relación de datos de temperatura y precipitación observados en el Valle de La Huerta, Jal.
- A.2 Rendimientos parcelarios y promedios de grano de sorgo seco en ton/ha.
- A.3 Resultados del análisis de varianza.
- A.4 Resultados de la Prueba de Duncan.
- A.5 Resultados de la prueba de t entre los tratamientos adicionales (grano seco en ton/ha).
- A.6 Determinación de costos variables de cada tratamiento.
- A.7 Costos reales unitarios de los insumos.

Cuadro A.1

## RELACION DE DATOS DE TEMPERATURA Y PRECIPITACION OBSERVADOS EN EL VALLE DE LA HUERTA, JAL.

## PRECIPITACION EN mm

AÑOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	ANUAL
1970	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	189.9	171.6	231.1	396.4	26.8	20.2	0.0	1036.0
1971	12.8	0.0	0.0	0.0	0.0	67.2	113.0	579.0	297.3	291.0	5.4	22.4	1388.1 *
1972	17.2	0.0	0.0	0.0	0.0	200.9	263.6	116.8	131.9	42.0	239.7	18.3	1030.4
1973	25.9	11.2	0.0	0.0	0.0	97.8	205.1	147.1	265.9	84.8	0.0	0.0	837.8
1974	0.0	0.0	0.0	0.0	62.4	174.4	150.1	242.9	422.1	15.2	0.0	113.6	1180.7
1975	21.6	0.0	0.0	0.0	1.8	118.4	353.1	210.7	202.5	73.0	0.0	25.0	1006.1
1976	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	137.0	262.2	279.7	188.0	56.0	200.0	2.0	1124.9
1977	13.0	0.0	0.0	10.1	0.0	156.5	235.0	201.8	71.6	41.6	0.0	3.0	732.6**
1978	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	173.8	190.7	111.1	239.6	65.4	0.0	0.0	780.6
1979	4.3	10.9	0.0	0.0	0.0	44.5	191.8	315.4	267.9	26.5	0.0	0.0	861.3
PROM.	9.48	2.21	0.0	1.01	6.24	136.04	213.62	243.56	248.32	72.23	46.53	18.43	997.85

## TEMPERATURA MEDIA EN °C

1970	22.3	23.1	22.9	24.9	27.6	29.3	27.4	27.0	26.2	27.1	24.4	23.4	25.4
1971	22.1	21.2	24.1	24.7	26.9	28.5	27.4	26.5	26.5	25.8	26.0	23.9	25.3
1972	22.6	21.9	24.1	26.6	28.7	27.2	27.8	27.4	26.9	27.3	25.7	23.7	25.8
1973	22.4	23.5	23.5	25.4	27.9	28.0	27.4	27.1	26.6	24.9	23.9	20.8	25.1
1974	21.2	21.6	22.3	24.7	25.8	27.1	25.1	25.2	24.7	24.7	23.6	22.1	24.0
1975	20.5	20.5	22.6	24.1	26.2	26.2	24.1	25.2	24.9	25.0	22.9	21.6	23.6
1976	21.1	22.0	22.5	25.2	26.6	25.1	25.0	24.8	24.6	24.6	21.4	22.6	23.6
1977	20.7	21.4	21.7	21.3	24.8	26.7	25.6	25.0	25.6	25.4	22.3	22.6	23.5
1978	21.3	22.6	23.1	24.1	25.6	26.9	25.9	26.1	25.2	24.8	24.2	23.3	24.4
1979	21.5	22.4	22.1	23.5	24.5	26.9	26.3	26.0	24.2	26.2	21.7	22.4	23.9
PROM.	21.5	22.0	22.8	24.1	26.3	27.3	26.2	26.0	25.5	25.5	23.6	22.6	24.4

LAT. 19°28' N

LONG. 104°38' W.G.

ALT. 500 msnm

ESTACION: "LA HUERTA"

\* Año más húmedo

\*\* Año más seco

Cuadro A.2 RENDIMIENTOS PARCELARIOS Y PROMEDIOS DE GRANO DE SORGO SECO EN TON/HA.

NUM.	TRATAMIENTOS	REPETICIONES				TOTAL DE TRAT.	X̄ DE TRATAMIENTOS
		I	II	III	IV		
1	0 - 0 - 0	1.227	1.884	1.495	1.174	5.690	1.422
2	0 - 30 - 0	2.357	1.863	1.755	0.900	6.875	1.719
3	0 - 60 - 0	1.559	1.499	1.944	1.785	6.767	1.692
4	30 - 15 - 0	2.120	2.230	2.385	1.985	8.720	2.180
5	30 - 45 - 0	1.887	2.674	2.278	1.832	8.671	2.168
6	60 - 0 - 0	2.121	2.048	2.484	2.244	8.897	2.224
7	60 - 30 - 0	2.211	2.016	1.838	1.903	7.968	1.992
8	60 - 60 - 0	2.038	2.175	2.113	2.321	8.647	2.162
9	90 - 15 - 0	1.811	2.016	2.015	2.284	8.126	2.032
10	90 - 45 - 0	1.964	2.159	2.120	2.407	8.650	2.162
11	120 - 0 - 0	2.182	2.021	2.345	2.067	8.615	2.154
12	120 - 30 - 0	1.654	1.993	2.105	2.168	7.920	1.980
13	120 - 60 - 0	1.936	2.244	2.144	2.186	8.510	2.128
TOTAL DE REPETICIONES		25.067	26.822	26.931	25.236	104.056	
X̄ DE REPETICIONES		1.928	2.063	2.072	1.941		X̄=2.001

Cuadro A.3

## RESULTADOS DEL ANALISIS DE VARIANZA

FACTOR DE VARIACION	GRADOS LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADO MEDIO	F CALCULADO	F <sub>t</sub>	
					0.01	0.05
TRATAMIENTOS	12	2850	0238	3.30**	2.72	2.03
REPETICIONES	3	0230	0077	1.06NS	4.38	2.86
ERROR EXPERIMENTAL	36	2573	0072			
T O T A L	51	5653				

C. V. = 13.39%

\*\* = ALTAMENTE SIGNIFICATIVO

N.S. = NO SIGNIFICATIVO

ESCUELA DE AGRICULTURA  
 BIBLIOTECA



CUADRO A.4

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DUNCAN

NUM. DE PROM	T α 0.05	L.S. 5%	TRAT. PROM.	6	4	5	8	10	11	13	9	7	12	2	3	1
			2.224	0.000												
2	2.87	0.385	2.180	0.044	0.000											
3	3.02	0.405	2.168	0.056	0.012	0.000										
4	3.11	0.417	2.162	0.062	0.018	0.006	0.000									
5	3.18	0.426	2.162	0.062	0.018	0.006	0.000	0.000								
6	3.23	0.433	2.154	0.070	0.026	0.014	0.008	0.008	0.000							
7	3.28	0.439	2.128	0.096	0.052	0.040	0.034	0.034	0.026	0.000						
8	3.31	0.443	2.032	0.192	0.148	0.136	0.130	0.130	0.122	0.096	0.000					
9	3.34	0.447	1.992	0.232	0.188	0.176	0.170	0.170	0.162	0.136	0.040	0.000				
10	3.36	0.449	1.980	0.244	0.200	0.188	0.182	0.182	0.174	0.148	0.052	0.012	0.000			
11	3.38	0.452	1.719	0.505	0.461	0.449	0.443	0.443	0.435	0.409	0.313	0.273	0.261	0.000		
12	3.39	0.454	1.692	0.532	0.488	0.476	0.470	0.470	0.462	0.436	0.340	0.300	0.288	0.027	0.000	
13	3.41	0.456	1.422	0.802	0.758	0.746	0.740	0.740	0.732	0.706	0.610	0.570	0.558	0.297	0.270	0.000

t α = t múltiple obtenida de las Tablas de Duncan para α=0.05 a 36 grados de libertad.

L.S. = Límite de significancia.

$S_x^2$  =  $S^2/r = 0.072/4 = 0.018 = 0.134$

$S_x$  = Error standar de la media.

$S^2$  = Cuadrado medio o varianza del error experimental del análisis de varianza.

r = Número de repeticiones.

CUADRO A.5

 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE t ENTRE LOS TRATAMIENTOS ADICIONALES  
 (grano seco en ton/ha)

TRATAMIENTOS		REPETICIONES				$\bar{X}$	C.M.	D.T.	E.T.	ETD	t	t(0.05,6)
Nº	DOSIS	I	II	III	IV							
7	60 - 30 - 0	2.211	2.016	1.838	1.903	1.992	0.027	0.164	0.082			
14	60 - 30 - 30*	1.183	2.392	1.809	1.665	1.921	0.104	0.323	0.162	0.184	0.386	2.447 N.S.
15	60 - 30 - 0**	1.997	2.070	1.859	1.949	1.969	0.008	0.089	0.044	0.100	0.230	2.447 N.S.

- \* = Tratamiento adicional probando al cloruro de potasio como fuente de  $K_2O$ .
- \*\* = Tratamiento adicional para probar al nitrato de amonio como otra fuente de N.
- $\bar{X}$  = Rendimiento promedio en Ton/Ha.
- C.M. = Cuadrado medio o varianza.
- D.T. = Desviación típica de un promedio.
- E.T. = Error típico de un promedio.
- E.T.D. = Error típico de una diferencia entre dos promedios.
- t = Valor calculado con los datos del problema.
- t(0.05,6) = Valor obtenido en tablas a 6 G.L.
- N.S. = No significativo.

CUADRO A.6

## DETERMINACION DE LOS COSTOS VARIABLES DE CADA TRATAMIENTO.

N°	TRATAMIENTO			nN	pP	C.V.	
1	0	-	0	-	0	000.00	000.00
2	0	-	30	-	0	000.00	342.00
3	0	-	60	-	0	000.00	684.00
4	30	-	15	-	0	423.60	171.00
5	30	-	45	-	0	423.60	513.00
6	60	-	0	-	0	847.20	000.00
7	60	-	30	-	0	847.20	342.00
8	60	-	60	-	0	847.20	684.00
9	90	-	15	-	0	1,270.80	171.00
10	90	-	45	-	0	1,270.80	513.00
11	120	-	0	-	0	1,694.40	000.00
12	120	-	30	-	0	1,694.40	342.00
13	120	-	60	-	0	1,694.40	684.00

$$C.V. = nN + pP$$

C.V. = Costos variables.

n = Costo real de 1 kg. de nitrógeno = 14.12

N = Kg. de nitrógeno por hectárea que constituya al tratamiento.

p = Costo real de 1 kg. de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> = \$11.40

P = Kg. de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> por hectárea que constituyen al tratamiento.

CUADRO A.7

## COSTOS REALES UNITARIOS DE LOS INSUMOS

C O N C E P T O	1 KG. DE NITROGENO	1 KG. DE FOSFORO(P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )
Precio unitario en el mercado	\$ 7.16	\$ 7.95
Costo del capital	0.50	0.55
Costo Seg. Agrícola	0.05	0.05
Costo transporte	2.02	0.90
Costo aplicación	4.39	1.95
Costo Real	14.12	11.40