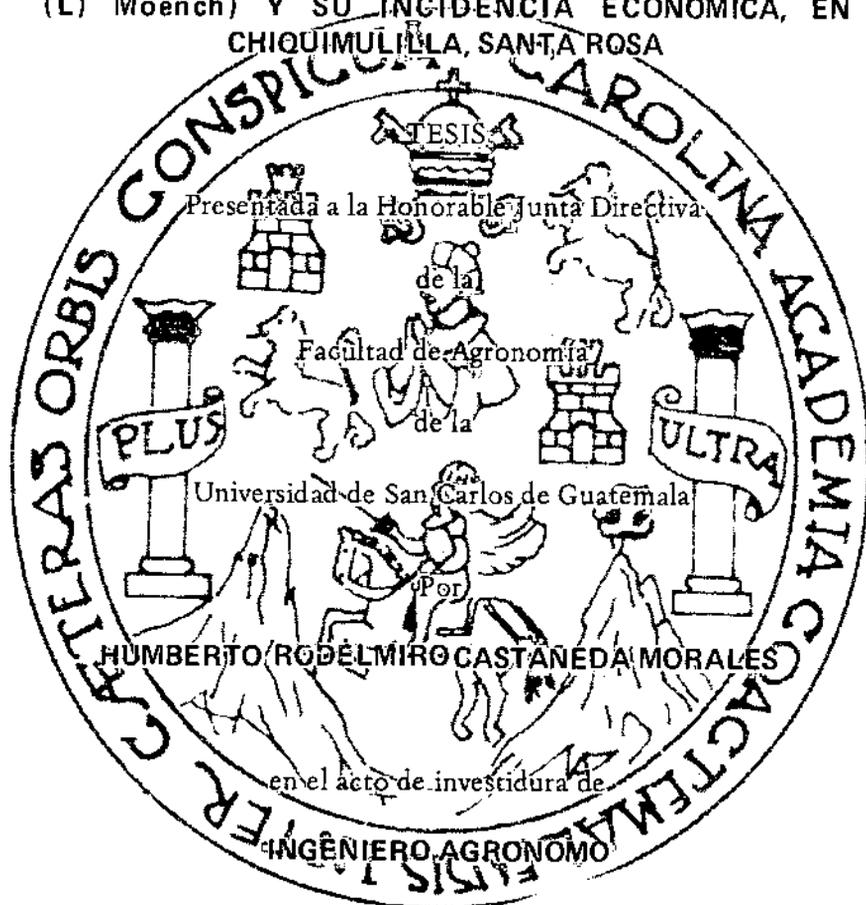


01
T(243)
C.3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA

EFFECTO DE LA APLICACION DE AZUFRE SOBRE EL
RENDIMIENTO DEL SORGO GRANIFERO (*Sorghum bicolor*
(L) Moench) Y SU INCIDENCIA ECONOMICA, EN
CHIQUIMULILLA, SANTA ROSA



en el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Septiembre de 1977

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

**RECTOR DE LA UNIVERSIDAD DE
SAN CARLOS DE GUATEMALA**

Dr. Roberto Valdeavellano P.

**JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE AGRONOMIA**

Decano en Funciones	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Vocal Primero	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Vocal Segundo	Dr. Antonio Sandoval
Vocal Tercero	Ing. Agr. Sergio Mollinedo
Vocal Cuarto	P.A. Laureano Figueroa
Vocal Quinto	P.A. Carlos Leonardo
Secretario a.i.	Ing. Agr. Ronaldo Prado

**TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN
GENERAL PRIVADO**

Decano en Funciones	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Examinador	Dr. Antonio Sandoval
Examinador	Ing. Agr. Julio Brolo Luna
Examinador	Ing. Agr. Mario Martínez
Secretario	Ing. Agr. Leonel Coronado

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Aparado Postal No. 1548

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....

Asunto

Guatemala, 31 de agosto de 1977.

Sr. Decano de la
Facultad de Agronomía
Ing. Rodolfo Estrada G.
PRESENTE.

Sr. Decano:

En atención a la designación que me hiciera la decanatura de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos, tengo el honor de informar a Ud. que he asesorado al Perito Agrónomo Humberto Rodelmiro Castañeda Morales en la elaboración de su trabajo de tesis titulado "EFECTO DE LA APLICACION DE AZUFRE SOBRE EL RENDIMIENTO DE SORGO GRANIFERO (Sorghum bicolor (L) Moench) Y SU INCIDENCIA ECONOMICA EN CHIQUIMULILLA, DEPARTAMENTO DE SANTA ROSA".

Considero que dicho trabajo deja la base para futuras investigaciones con azufre en combinación con otros elementos mayores en cultivos de gramíneas principalmente en sorgo y maíz.

En tal virtud, hago de su conocimiento que el trabajo de tesis en cuestión llena los requisitos para su aprobación y publicación.

Sin otro particular me es grato suscribirme del Sr. Decano con muestras de alta consideración.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Ing. Salvador Castillo O.
Director Depto. de Edafología.
ASESOR.

CCO/jjs



Guatemala, Septiembre de 1977.

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica y los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo, tengo el honor de someter a vuestro criterio el trabajo de tesis titulado: "EFECTO DE LA APLICACION DE AZUFRE SOBRE EL RENDIMIENTO DEL SORGO GRANIFERO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench.) Y SU INCIDENCIA ECONOMICA EN CHIQUIMULILLA, SANTA ROSA".

Espero que el presente trabajo sea una contribución a la información básica necesaria para lograr incrementos en la producción agrícola de Guatemala. Al mismo tiempo, espero que sea merecedor de vuestra aceptación.

Deferentemente,

P.A. Humberto Rodelfiro Castañeda M.

DEDICO ESTE ACTO

Al Omnipotente Creador del Universo

A mi Madre: Olga Morales de Castañeda

A mi Padre: Augusto Castañeda

A mi Abuela: Carmen Pivaral v. de Morales

A mi Abuelo: Margarito Morales Lutín
Que goce en el seno del señor

A mis Hermanos: Edgar Augusto
Elsa Marina de Segura
Víctor Arturo
Maximiliano Segura

A mis Tíos,
especialmente a: Federico de J. Morales P.
Gilberto Daniel Morales P.

A mis Familiares Maternos: En general.

DEDICO ESTA TESIS

A:

Guatemala.

Universidad de San Carlos.

Facultad de Agronomía.

Agricultores Guatemaltecos,

especialmente a los Chiquimulillenses.

Vitalino González Rodríguez.

Compañeros de Promoción.

Chiquimulilla, Granero del Sur.

Mis Padrinos de Graduación.

AGRADECIMIENTO

A:

Ing. Agr. Salvador Castillo.O.
Asesor de este trabajo

Ing. Agr. Edgar Leonel Ibarra A.

Dr. Peter E. Hildebrand

Lic. Oscar Barrios Castillo

Todas aquellas personas que en una u otra forma
colaboraron para que llevara a feliz término
mis estudios.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCION	1
II. OBJETIVOS	2
III. REVISION DE LITERATURA	5
III.1 Origen de la Planta	5
III.2 Clasificación Botánica	5
III.3 El Azufre en el Suelo	6
III.4 El Azufre en la Planta	9
IV. MATERIALES Y METODOS	11
IV.1 Localización y Características del Lugar Experimental	11
IV.2 Material Experimental	12
IV.3 Diseño Experimental	14
IV.4 Manejo del Experimento	16
V. RESULTADOS Y DISCUSION	17
V.1 Rendimientos obtenidos	17
V.2 Análisis Estadístico	17
V.3 Análisis Económico	19
VI. CONCLUSIONES	21
VII. RECOMENDACIONES	23
VIII. BIBLIOGRAFIA	25

I. INTRODUCCION

En Guatemala el cultivo del sorgo o maicillo para grano (*Sorghum bicolor* (L) Moench) se viene realizando desde el tiempo de la colonización española y según datos estadísticos, dicho cultivo se ha venido incrementando en los últimos tiempos; llegando a la creación de variedades e híbridos nacionales, tales como el Guatecau que sirvió para el presente trabajo.

Se ha venido tecnificando é incrementando el cultivo de este grano, por la gran demanda que se observa en la industria de concentrados para la alimentación de animales, estimándose que un 80o/o de la producción de sorgo es utilizado para este fin y del 10 al 15o/o es utilizado para el consumo humano (20).

En Guatemala, la producción de sorgo granífero se localiza principalmente en los departamentos de Jutiapa, Chiquimula y Santa Rosa. Según datos de la Dirección General de Estadística (9) se tiene que en 1970 la superficie cosechada fue de 57,817 manzanas con una producción de 646,597 quintales, lo cual da un rendimiento de 11.18 quintales por manzana, observando en este mismo año que para satisfacer la demanda fue necesario importar 89,961 quintales. Según datos de la mencionada Dirección en 1975, la superficie cosechada fue de 81,576 manzanas, produciendo 2,081,731 quintales siendo el rendimiento de 25.52 quintales por manzana.

A pesar que de 1970 a 1975 los rendimientos han sido superados en más del 100o/o, los resultados pueden aún ser mejorados con un programa adecuado de fertilización. Se ha notado que la mayoría de las investigaciones se han llevado a cabo con la aplicación de elementos mayores (N, P, K.), sin haberse entrado a estudiar los efectos de los elementos secundarios y microelementos, que también son indispensables para el desarrollo y producción de las plantas. En este trabajo se pensó en la aplicación del elemento secundario azufre en vista de que si tomamos en consideración que este elemento induce a la mayor producción de granos, que según ensayos realizados en el

Brasil (1) con tratamientos de azufre en el suelo y subsuelo, se tuvo una respuesta significativa y tomando en cuenta que las raíces del sorgo son bastante ramificadas y pueden llegar a medir hasta 2 mts. de profundidad (15 y 19). Es por ello que el presente trabajo se conduce con la aplicación de azufre en el cultivo de Sorgo para investigar el incremento de producción de grano.

II. OBJETIVOS

Los objetivos que persigue el presente trabajo son:

- A) Estudiar si la aplicación de azufre influye en el aumento de la producción de grano en el cultivo del Sorgo.
- B) Estudiar si la aplicación de azufre es rentable en relación a un aumento de producción.
- C) Encontrar el punto óptimo económico de la aplicación de dicho elemento.

III. REVISION DE LITERATURA

III.1 Origen de la Planta

El origen del sorgo se pierde en los tiempos prehistóricos; se supone que procede de Asia, probablemente de la India. Viejas escrituras chinas hablan de grandes extensiones de sorgo 1,300 años antes de Cristo; en las tumbas de los Faraones de las más antiguas Dinastías Egipcias, fueron encontrados grabados con plantas de Sorgo. En la antigua Asiria también se han encontrado grabados con plantaciones completas. A Europa llegó en el siglo I antes de Cristo; éstos y otros datos permiten deducir que ya por el año 2,200 A. de C. el sorgo era una planta cultivada domésticamente (19).

Se cree que el sorgo fue traído a América del continente Africano hacia el año 1,700, al cual llamaban Maíz de Guinea (19).

En diversos países de América Latina, existen desde varios años, programas de expansión, investigación y mejoramiento de este cultivo, los cuales han dado muy buenos resultados.

Los sorprendentes rendimientos, las excelentes aptitudes de adaptación y el aprovechamiento de los nutrientes y la humedad del suelo, hacen que este cultivo presente un futuro esplendoroso por la aceptación que tiene entre los agricultores, así como por su semejanza nutritiva con el maíz (7 y 19).

III.2 Clasificación Botánica

Según Wall (24) los sorgos pertenecen a la familia de las gramíneas, la cual se divide en dos sub-familias: Panicoidea que se caracteriza generalmente por inflorescencias asimétricas con todas las espiguillas hacia un lado, esta sub-familia comprende a las Andropogóneas la otra sub-familia es la de las Festucoideasen la que los granos tienen un achatamiento bilateral. De estas dos

sub-familias la primera es la que interesa para este estudio.

El reconocimiento, por medio de estudios genéticos y citológicos, demuestran que los diversos sorgos silvestres y cultivados pertenecían a una misma especie, lo que dio como resultado que se les clasificara en el género *Sorghum*, como inicialmente lo designó Moench en 1794 (24).

La clasificación más detallada es la de Snowden (1936) citado por Wall (24). Dentro de las secciones del género *Sorghum* está la *Eusorghum* que comprende dos sub-secciones, la *Arundinacea* en la que se incluyen los tipos de diez cromosomas haploides en variedades de cultivo para grano, jarabe, forraje y de escoba, junto con los sorgos herbáceos cultivados y silvestres; en esta sub-sección está la serie *Sativa*, donde están agrupados los sorgos graníferos y azucarados; dentro de la sub-serie en que se divide ésta, tenemos la *Bicoloria* en donde las variedades tienen generalmente espiguillas ovoides con nervaduras oscuras, en ella se incluyen los sorgos de escoba, muchos dulces y gran número de graníferos; en esta sub-serie tenemos el *Sorghum bicolor* con ramificaciones rígidas en la panoja.

La clasificación botánica del sorgo según Ochese y otros (17) es la siguiente:

Tipo	Fanerógamas.
Sub-tipo	Angiospermas.
Clase	Monocotiledóneas.
Orden	Glumifloras.
Familia	Gramináceas
Sub-familia	Panicoideas.
Género	<i>Sorghum</i> .
	Especie
	Bicolor.
Nombre Científico	<i>Sorghum bicolor</i> (L) Moench

III.3 El Azufre en el Suelo

El azufre es un cuerpo simple que se encuentra en varios

estados, es un sólido de color amarillo, frágil, insoluble en agua, poco soluble en alcohol y muy soluble en sulfuro de carbono. La temperatura óptima de su acción modificadora de la flora microbiana del suelo es de 25 a 35°C (16).

Contrarresta la alcalinidad del suelo.

El contenido de azufre en los suelos inorgánicos varía entre 0.02 y 0.20/o y los orgánicos llegan a tener hasta el 10/o. El azufre, al igual que el nitrógeno y fósforo se encuentra en forma orgánica e inorgánica. En general entre el 60o/o y 90o/o del azufre es orgánico y en extremos es el 100o/o (5).

La corteza terrestre contiene aproximadamente 0.06o/o de azufre y se halla en forma de sulfuros, sulfatos y en combinación orgánica con carbono y nitrógeno. El azufre, en la mayor parte de los terrenos arables, está en forma de materia orgánica, sulfatos solubles en la solución del suelo o adsorvido en el complejo de intercambio del suelo. En las regiones húmedas predomina la forma orgánica (23).

El azufre orgánico presente en la materia orgánica proviene de los residuos vegetales y animales caídos al suelo. Por consiguiente es un componente de las proteínas, aminoácidos, péptidos y tiocianatos (5 y 23).

En los suelos de regiones áridas los sulfatos de calcio, magnesio, sodio y potasio son frecuentemente precipitados en grandes cantidades en el perfil del suelo (23). Las relaciones carbono/azufre orgánico tiene valores que son alrededor de 100 y en casos extremos pueden llegar a valores de 600 a 700. El azufre inorgánico lo encontramos en forma de sulfatos y solamente en casos de anaerobismo se presentan sulfuros como la piritita pero al restablecerse las condiciones aeróbicas los sulfuros se transforman rápidamente en sulfatos. En suelos bien aireados hasta el 10/o del azufre inorgánico se presenta como sulfuro, predominando los sulfatos dentro del grupo inorgánico, los cuales se encuentran en la solución del suelo adsorvidos en el complejo de intercambio aniónico y como sulfatos insolubles (5).

El azufre no actúa sobre los fermentos nitrosos, sin embargo favorece la transformación de los fermentos nítricos. La acción favorable del azufre se manifiesta, sobre todo, en los fermentos amonizantes que transforman en el suelo las materias nitrogenadas complejas en amoníaco. El trabajo de los microbios amonizantes del suelo es considerablemente activado por la presencia del azufre; al cabo de 10 días se encuentra un 50o/o más de amoníaco en suelos que contienen azufre. El nitrógeno total no varía, por lo que las bacterias fijadoras de nitrógeno libre, no son influenciadas por el azufre (5).

Estas observaciones demuestran que el papel favorable del azufre es debido a la influencia activante que ejerce en las bacterias que reducen las materias nitrogenadas complejas al estado de amoníaco.

En presencia de azufre la planta es capaz de absorber mayores cantidades de sales amoniacales directamente asimilables y se manifiesta ordinariamente en un aumento de los rendimientos. Una adición de azufre produce un consumo mayor de reservas nitrogenadas y es necesario compensar este consumo con aportaciones correspondientes de nitrógeno, para evitar empobrecer rápidamente estas reservas (5).

En resumen, el azufre no es un elemento catalítico, sino que un modificador de la flora microbiana del suelo; su acción respecto de las reservas orgánicas nitrogenadas del suelo deben ser bien dilucidadas antes de que se generalice su empleo en la agricultura.

El azufre se oxida en el suelo y se transforma en ácido sulfúrico, este fenómeno está relacionado, en parte, con la intervención de los microorganismos. En cultivos extensivos, el azufre se ha mostrado favorable en mezcla con el estiércol, pero su acción ha sido nula en presencia de algunos abonos minerales y orgánicos. Asociado con abonos nitrogenados ha dado resultados idénticos que un abono mineral completo (superfosfato, yeso, sulfato de potasa) (23).

Lo anteriormente dicho demuestra todo el interés que

puede haber en ensayar el azufre en cultivos extensivos e intensivos.

III.4 El Azufre en la Planta

El azufre desempeña en la fisiología de la planta varios papeles importantes, entre los que podemos mencionar:

- A) Es constituyente de algunos aminoácidos, vitaminas y hormonas.
- B) Es requerido cuando se lleva a cabo la síntesis de la clorofila.
- C) Sirve para el normal desarrollo de las raíces.
- D) Es necesario para la nodulación de las leguminosas.
- E) Se presenta como amortiguador que mantiene la reacción de la sabia.
- F) Favorece la floración normal y auxilia la fecundación de las flores.

Cuando hay deficiencia de azufre, el crecimiento de las plantas es lento, presentando estructuras débiles, color verde amarillento de las hojas jóvenes, los tallos son cortos y pobres; careciendo de robustez y buena fructificación. En general los síntomas de deficiencia de azufre se manifiestan en forma semejante que la del nitrógeno, con la diferencia de que la deficiencia de azufre se manifiesta en la parte alta de la planta, mientras que la del nitrógeno en la parte baja (17).

La planta puede absorber el azufre en forma de SO_4^{2-} algunos aminoácidos y a veces el SO_2 atmosférico; sintetizando proteínas y otros compuestos azufrados (16).

Los efectos que se tienen cuando hay exceso de azufre en la planta son indirectos. Cuando el suelo en que crece la planta es alto en contenido de azufre, éstas tendrán una baja relación de corona; es decir, en la parte alta de la planta habrá menos crecimiento y habrá más producción de raíces. (17)

4. MATERIALES Y METODOS

IV.1 Localización y Características del Lugar Experimental

El presente trabajo se realizó en la finca "El Paraíso", ubicada en el municipio de Chiquimulilla del departamento de Santa Rosa. Su altura sobre el nivel del mar son 260 metros, con una precipitación pluvial de 2,186 milímetros anuales y 28.3°C de temperatura promedio. El suelo pertenece a la serie de suelos Tiquisate.

De acuerdo a Holdridge (14), la región donde se efectuó el experimento se puede clasificar como una zona Tropical Húmeda; es decir, la temperatura media anual es mayor de 24°C y la precipitación pluvial oscila entre los 2,000 y 4,000 milímetros anuales, por lo que se deduce que el lugar experimental está comprendido en esta zona.

El área del Litoral del Pacífico en donde se cultiva el sorgo, comprende los departamentos de Santa Rosa, Escuintla, Suchitepéquez y Retalhuleu, haciendo un total de 621,278 hectáreas (7).

De acuerdo a Simons (2²), el departamento de Santa Rosa comprende 295,000 hectáreas, de esta área el 24.10/o está cubierta por los suelos del Litoral del Pacífico, estando tipificado básicamente por cuatro series que son: Bucul, Tiquisate, Toltecate y Papaturre. Todos estos suelos se han originado sobre cenizas volcánicas y se diferencian principalmente por su textura y drenaje.

La serie Tiquisate, son suelos profundos, con textura mediana (franco arenoso), bien drenado, la estructura más generalizada es la de bloques subangulares medianos de débil a moderadamente desarrollados, con una consistencia de suave a friable.

El color de estos suelos es gris a pardo y en condiciones húmedas de pardo grisáceo oscuro a pardo oscuro.

Esta serie de suelos cubre el 6.15o/o del departamento.

La serie Bucul, son suelos de textura pesada y de mal drenaje, ocupa el 7.88o/o. La serie Toltecate, son suelos arenosos bien drenados, de textura pesada, cubriendo el 5.09o/o. La serie de suelos Papaturre, son suelos con una capa superficial delgada franco arenoso fino sobre arcilla, con mal drenaje, cubriendo el 4.9o/o de la superficie departamental.

El principal problema agronómico que presentan las series Bucul y Papaturre es un drenaje interno muy lento, el grado de fertilidad de estos suelos es adecuado, con la excepción de los suelos Papaturre que tienen un nivel muy bajo de fertilidad. La capacidad de abastecimiento de agua de estos suelos es muy buena. Por ejemplo, muchas tierras de la serie de suelos Tiquisate, pueden aprovecharse para obtener una tercera cosecha de sorgo sin irrigación (18).

IV.2 Material Experimental

Según los análisis físicos y químicos de las muestras del suelo, los cuales se realizaron en los laboratorios de suelos de la Facultad de Agronomía y del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, el lugar experimental tiene las siguientes condiciones:

<i>Análisis Físicos</i>						<i>Análisis Químicos</i>										
<i>Mues- tra</i>	<i>Prof. cm.</i>	<i>Análisis de Partículas</i>			<i>Clase Textu- ral</i>	<i>N Total o/o</i>	<i>C.D. o/o</i>	<i>M.O o/o</i>	<i>C/N</i>	<i>Dispon. pH</i>	<i>N</i>	<i>p.p.m.</i>		<i>Meq./100</i>		<i>gr. Mg</i>
		<i>Arcilla o/o</i>	<i>Limo o/o</i>	<i>Arena o/o</i>								<i>P</i>	<i>K</i>	<i>Ca</i>		
<i>1</i>	<i>30</i>	<i>46.56</i>	<i>28.34</i>	<i>25.10</i>	<i>Arci- llosa</i>	<i>0.22</i>	<i>2.48</i>	<i>4.37</i>	<i>11</i>	<i>5.6</i>	<i>16</i>	<i>12.2</i>	<i>340</i>	<i>7</i>	<i>1.7</i>	

Los análisis se realizaron por medio de los métodos siguientes: Hidrómetro Bouyoucus, Macrokjeldahl, combustión húmeda Walky-Black, Pontenciométrico 1: 2.5 H₂O y Carolina del Norte en el mecánico, N total, Materia Orgánica, pH y N,P,K, Ca, Mg respectivamente.

Se usó la variedad de Sorgo Guatecau, que es la recomendada para toda la región en donde estuvo ubicado el experimento (7).

Los niveles de azufre que se emplearon para los fines perseguidos por el presente trabajo son: 0, 129, 193, 257, y 321 Kg/Ha equivalentes a 0, 2, 3, 4, y 5 quintales de azufre por manzana. Estos niveles se escogieron en forma un tanto empírica ya que no hay estudios sobre el uso de azufre en sorgo en Guatemala. Se aplicaron niveles fijos de nitrógeno (N) y fósforo (P) de 80 Kg/Ha que equivalen a 1.75 quintales por manzana de cada uno, por ser los niveles que se recomiendan en otros trabajos investigativos de tesis realizados en la región.

Las fuentes usadas de S-N-P fueron, azufre sublimado, Urea al 46o/o y Triple superfosfato al 46o/o.

La aplicación de nitrógeno se hizo el 50o/o al momento de la siembra al fondo del surco y el otro 50o/o, 15 días antes del inicio de la floración, al lado del surco o sea en banda. El fósforo se aplicó al momento de la siembra y el azufre se aplicó a los 35 días después de la siembra o sea después del raleo.

IV.3 Diseño Experimental

Los niveles de azufre, se evaluaron usando el diseño de Cuadrado Latino teniendo cinco tratamientos con cinco repeticiones.

La unidad experimental estuvo constituida de 10 surcos de sorgo separados 0.50 metros entre surcos y una longitud de 5 metros cada uno, teniendo cada unidad 25 metros cuadrados (5 x 5).

FIGURA NUMERO UNO

<i>C</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>A</i>	<i>E</i>
----------	----------	----------	----------	----------

<i>B</i>	<i>E</i>	<i>C</i>	<i>D</i>	<i>A</i>
----------	----------	----------	----------	----------

<i>D</i>	<i>C</i>	<i>A</i>	<i>E</i>	<i>B</i>
----------	----------	----------	----------	----------

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>E</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
----------	----------	----------	----------	----------

<i>E</i>	<i>A</i>	<i>D</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
----------	----------	----------	----------	----------

La parcela neta cosechada fue de 12 metros cuadrados (3 x 4), cosechándose los 6 surcos centrales y dejando bordes de 0.50 metros en los extremos de cada surco. Se dejaron calles de un metro de separación entre cada unidad experimental.

Hecho el sorteo de acuerdo a este diseño experimental, los tratamientos y sus respectivas repeticiones quedaron en el terreno experimental, en la forma como se presentan en la figura número uno.

IV.4 Manejo del Experimento

La preparación del terreno se efectuó de acuerdo a las prácticas empleadas por el agricultor de la zona. Dichas prácticas consisten en un paso de arado y dos de rastra, los dos implementos son de discos. La desinfestación del suelo se hizo usando 50 libras/manzana de Volatón granulado al 2.5o/o al boleó antes de el primer paso de rastra.

La siembra se hizo al chorro el 30 de agosto de 1976, colocándose la semilla a 3 centímetros de profundidad. El raleo se llevó a cabo 15 días después de germinada la semilla dejando las plantas de sorgo a 10 centímetros de distancia, con lo cual se obtuvo una población de 222,000 plantas/Ha.

Se realizaron 2 limpieas con azadón. No hubo necesidad de efectuar control de plagas y enfermedades, ya que no se presentaron en forma que causaran daños de consideración.

La cosecha se hizo a mano, el 20 de diciembre de 1976, para una mejor toma de datos experimentales y evitar confusiones o errores; la humedad del grano se determinó por medio de un medidor electrónico y se corrigió al 13o/o de humedad, para tomar el peso de cada repetición por separado.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

V.1 Rendimientos Obtenidos

Los rendimientos de grano de sorgo al 13o/o de humedad, obtenidos en el ensayo, se presentan en el Cuadro No. 1, expresado en Kilogramos por hectárea.

CUADRO No. 1

RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN LA APLICACION DE CINCO NIVELES DE AZUFRE EN EL CULTIVO DEL SORGO GRANIFERO EXPRESADOS EN Kg/Ha.

Niveles de Azufre, Kg	REPETICIONES					Total	Promedio
	I	II	III	IV	V		
0	1267.71	1472.14	3621.86	2172.86	1267.71	9802.28	1960.46
129	1800.00	1177.07	1810.93	3983.79	1629.64	10401.43	2080.29
193	2535.43	1992.21	3803.14	2988.00	4527.00	15845.78	3169.16
257	1449.00	2716.07	1810.93	2172.86	1811.01	9959.87	1991.97
321	1403.36	1449.00	2172.86	3259.29	1992.21	10276.72	2055.34

V.2 Análisis Estadístico

Se realizó el análisis de Varianza, de acuerdo al diseño establecido, con los datos obtenidos y se calcularon los valores de "F" comprobando sus niveles de azufre.

Los valores de "F" obtenidos del análisis de Varianza, Cuadro No. 2, para los efectos de los niveles de aplicación de azufre sobre los rendimientos de sorgo, nos indica que no se obtuvo respuesta significativa para ningún tratamiento.

CUADRO No. 2

ANALISIS DE VARIANZA PRACTICADO A LOS RENDIMIENTOS OBTENIDOS EN LA APLICACION DE CINCO NIVELES DE AZUFRE EN EL CULTIVO DE SORGO GRANIFERO

Fuente de Variación	Grados Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F
Total	24	3343.71		
Tratamientos	4	161.88	40.47	0.16 NS
Columnas	4	175.26	43.81	0.18 NS
Hileras	4	50.15	12.54	0.05 NS
Error	12	2956.42	246.37	

NS: No hay significancia al 5 y 10%.

Esta respuesta no significativa se debe a los valores promedios muy dispersos obtenidos para cada uno de los niveles de fertilizante, esto puede apreciarse en el Cuadro No. 1.

Tal comportamiento posiblemente sea debido a la acción que ejerce el azufre sobre la actividad de los fermentos amonizantes, que transforman en el suelo las materias nitrogenadas complejas en amoníaco; así mismo, la flora microbiana del suelo es activada descomponiendo la materia orgánica en elementos o compuestos asimilables por la planta. Aunque esta solo sea una hipótesis y puede ser rebatida, es necesario hacer notar que el suelo es tan complejo que de un metro cuadrado a otro puede cambiar su estructura y textura.

Para estimar las curvas de respuesta se hizo el análisis de regresión, empleándose el modelo cuadrático $Y = a + b_1X + b_2X^2$, por medio del método de los mínimos cuadrados.

V.3 Análisis Económico

Uno de los objetivos de ajustar ecuaciones de regresión a los datos obtenidos en un experimento, es el de disponer de un modelo matemático para la realización del análisis económico respectivo, ya que la decisión sobre qué cantidad de fertilizante se debe aplicar, es una decisión que se debe tomar con criterio económico, en vista de que las metas que se deben perseguir son las de optimizar la ganancia a través de la fertilización. Este parámetro económico es de suma importancia y debe ser calculado para poder ajustar la recomendación de fertilización que se le brinda al agricultor, de acuerdo a sus necesidades, recursos económicos disponibles y características del mercado de fertilizantes a nivel nacional y local, que existan al momento de la recomendación.

Para poder calcular el nivel de fertilización óptima, la superficie de respuesta debe mostrar ingresos decrecientes, esto se encuentra en la progresión cuadrática, cuyo modelo se presentó anteriormente y la curva de respuesta se presenta en la figura No. 2.

Se interpretaron las ecuaciones de estimación de rendimiento en términos del costo del fertilizante (azufre) y el valor del grano de sorgo puesto en finca, para calcular niveles óptimos económicos.

Para calcular el precio de azufre, se tomó como base el valor del mismo, más el costo de transporte y su aplicación. El precio del sorgo producido se estimó según el valor del mismo al momento de la cosecha, se excluyó el valor del transporte y el impuesto municipal, pues estos gastos generalmente los efectúa la persona que compra en la finca.

En el Cuadro No. 3 se presenta para cada combinación de precios, el nivel de azufre que optimiza la rentabilidad de fertilización. Por ejemplo cuando el precio del quintal de azufre es de Q.20.00 y del quintal de sorgo es de Q.6.00, el nivel de fertilización con azufre a recomendar será de 183 kilogramos por

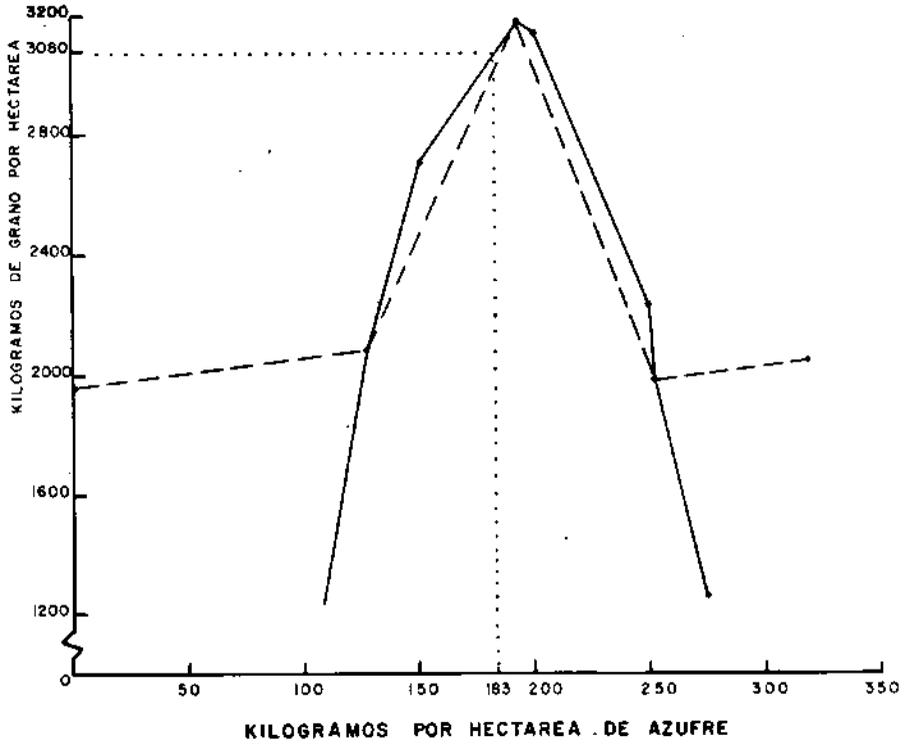
hectárea. Para este caso específico es necesario indicar que la relación beneficio/costo es de Q.0.50, lo que nos indica que por quetzal que se invierte, se obtiene una ganancia de cincuenta centavos.

CUADRO No. 3

NIVEL DE APLICACION DE AZUFRE EN Kg/Ha QUE OPTIMIZA LA RENTABILIDAD DE LA FERTILIZACION CALCULADO PARA DIFERENTES PRECIOS DE QUINTAL DE SORGO

Precio del Precio azufre del Grano	EN QUETZALES						
	14.00	16.00	18.00	20.00	22.00	24.00	26.00
Q. 4.00	183.28	182.48	181.49	180.70	179.90	178.91	178.12
Q. 6.00	185.17	184.62	183.93	183.38	182.84	182.15	181.60
Q. 8.00	186.35	185.96	185.46	185.06	184.67	184.17	183.77
Q.10.00	186.91	186.59	186.18	185.86	185.53	185.13	184.80
Q.12.00	187.30	187.02	186.68	186.41	186.13	185.79	185.51
Q.14.00	187.64	187.41	187.12	186.89	186.66	186.38	186.15
Q.16.00	187.85	187.64	187.39	187.18	186.98	186.72	186.52

FIGURA N° 2 CURVAS DE RESPUESTA A LA APLICACION DE NIVELES DE AZUFRE EN EL CULTIVO DE SORGO.



- RENDIMIENTOS OBTENIDOS
- CURVA DE RESPUESTA AJUSTADA
- ENTRECruZAN EN EL PUNTO OPTIMO ECONOMICO

VI. CONCLUSIONES

Se estudió el efecto de la aplicación de azufre sobre los rendimientos de sorgo en Chiquimulilla, no habiendo encontrado respuestas significativas estadística y económicamente; los rendimientos obtenidos fueron relativamente bajos debido a la falta de lluvia.

Los resultados obtenidos inducen a pensar que hubo algún factor de tipo edáfico que hizo que los tratamientos A, B, D y E se comportaron en igual forma y el tratamiento C de manera diferente, pues los cuatro primeros tratamientos tuvieron rendimientos similares, mientras que el tratamiento C tuvo un aumento de producción del 60o/o sobre el promedio de los otros cuatro tratamientos, lo que parece anormal.

La relación beneficio/costo es de 0.50 siendo casi igual a la obtenida sin aplicación de azufre que es de 0.38 Por lo que se cree que los agricultores no estarían en disposición de invertir más dinero en un cultivo, en vista de los riesgos que tiene la agricultura, para obtener un ingreso del 12o/o por el tiempo que tarda el cultivo del sorgo, que en el presente caso fue de cuatro meses.

Se encontró el punto óptimo económico de la aplicación de azufre, habiendo sido de 183 Kg/Ha, pero como se puede apreciar en el párrafo anterior, la diferencia de las relaciones beneficio/costo entre el punto óptimo y el testigo es mínima.

VII. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda continuar con estudios sobre este elemento, pero que se ponga énfasis en los niveles centrales del presente trabajo y de ser posible, efectuar el ensayo con los siguientes niveles: 2, 2.5, 3, 3.5 y 4 quintales por manzana, para observar en estos rangos la tendencia de la curva de respuesta.
2. La aplicación de azufre en el tercer nivel (193 Kg/ha) sí obtuvo aumento en la producción, aunque económicamente no es rentable con los precios que tuvieron el insumo y el producto; por lo que en caso de mantenerse el precio del azufre o disminuirse y el del grano de sorgo aumentar, que es la tendencia del precio del sorgo, sí es recomendable aplicar este insumo, pero aplicando 183 KG/ha de azufre, ya que este nivel es el que nos da el punto óptimo económico.
3. Para posteriores investigaciones con azufre, es conveniente efectuar el análisis proteínico del grano, en vista de que este elemento es parte esencial en la síntesis de proteínas; así mismo efectuar investigaciones sobre la aceptación para consumo humano, ya que puede influir en su labor.
4. Efectuar ensayos para encontrar la relación más adecuada de nitrógeno/azufre y nitrógeno/fósforo/azufre con curvas de respuestas, puesto que la interrelación de estos elementos es de importancia en los rendimientos del sorgo. Además, al hacer variar el nivel de N y/o el de P, pudiera encontrarse que el nivel de S recomendado en este trabajo variara, pudiendo mejorar la relación beneficio/costo.
5. Debe estudiarse el azufre sobre la acción que ejerce en las reservas orgánicas nitrogenadas del suelo y de los microorganismos existentes, para saber con exactitud las

reacciones de ellos, antes de que su empleo se acreciente en la agricultura, en vista de que muchos de los fertilizantes ya traen incluido cierto porcentaje de azufre.

BIBLIOGRAFIA

1. A.C. MC. CLOUNG et. al., Análisis de varios suelos brasileños en relación con las respuestas de las plantas al Azufre, IBEC Research Institute (Division of American International Association) Venezuela, Boletín 17. 1959.
2. Experimentos de Abonos en dos zonas de tierras altas de Sabana del Brasil (1958-1959), IBEC Research Institute (Division of American International Association) Venezuela, Boletín 21. 1960.
3. CASTAÑEDA M. HUMBERTO R. Manual de Prácticas de Diseños Experimentales, Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1976.
4. DE LEON PRERA, C. Respuesta del cultivo del sorgo a la fertilización con Nitrógeno en el Sur-orienté de la República de Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1975. (Tesis Ing. Agr.).
5. FASSBENDER, HANS W. Química de Suelos, Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, IICA/OEA, 1975.
6. FORSYTHE, WARREN. Física de Suelos, Manual de Laboratorio. Costa Rica, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, IICA/OEA, 1975.
7. FUENTES V, J.S. Guatecau variedad de sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L) Moench), su desarrollo y evaluación en Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1975. (Tesis Ing. Agr.).
8. GARCIA SALAS, JORGE. Plantas forrajeras cultivadas o de posible cultivo en Guatemala. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Dirección General, 1932.

9. GUATEMALA, DIRECCION GENERAL DE ESTADISTICA. Censos Agropecuarios años 1971 y 1975. Guatemala, Dirección General de Estadística 1972 y 1976.
10. MINISTERIO DE AGRICULTURA, INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS, Semillas Mejoradas, Guatemala, ICTA, 1975.
11. Programa de Producción 1975-76 Trigo y Sorgo. Guatemala, ICTA, 1975.
12. Informe Anual 1975. Guatemala, ICTA, 1975.
13. HALL, A. D. Estudio científico del suelo. Trad. por José García Vicente. Madrid, España, Aguilar S.A., s.f.
14. HOLDRIDGE, L.R. Mapa de zonificación ecológica de Guatemala. Según sus Formaciones Vegetales, Guatemala. Ministerio de Agricultura, SCIDA, 1958.
15. JENSEN, M.E. y MUSICK J. T. Irrigación de los sorgos para grano, México, Centro Regional de Ayuda Técnica, AID, 1964.
16. MEXICO, CENTRO REGIONAL DE AYUDA TECNICA, Manual de Fertilizantes, México, AID, 1970.
17. OCHSE, J.J. Cultivos y mejoramiento de plantas tropicales y subtropicales, México, Centro Regional de Ayuda Técnica, AID, 1965. Vol II.
18. PLANT, A. N. 'et al', Guatecau, una variedad de maicillo para clima cálido seco, Guatemala, ICTA, 1974.
19. RODRIGO Y SERRANO JOSE M. El cultivo del sorgo granero, Venezuela, Editora Venegráfica C.A. 1968.

20. ROMA, ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS.
Anuario de Producción 1972. Roma, FAO, 1972, Vol.
26.
21. SALAZAR, B. A. Experimentación con sorgo en Nicaragua.
En XII Reunión Anual de PCCMCA. Managua, Nicaragua,
PCCMCA, 1968.
22. SIMMONS, CHARLES S. 'et al'. Clasificación de
reconocimiento de los suelos de la República de
Guatemala. Guatemala, Ministerio de Educación Pública,
Editorial José de Pineda Ibarra, y Ministerio de
Agricultura, IAN-SCIDA, 1959.
23. TISDALE, S.L. y NELSON W. L. Fertilidad de los suelos y
fertilizantes. Trad. por Jorge Balasch y Carmen Piña,
España, Montanar y Simon S.A. 1970.
24. WALL J.S. y ROSS W. M. Producción y usos del sorgo,
Trad. por Andrés O. Botano, Argentina, Centro Regional
de Ayuda Técnica. AID, 1975.

Vo. Bo.

(f) PALMIRA R. DE QUAN
Bibliotecaria

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA
Ciudad Universitaria, Zona 12.
Apartado Postal No. 1514
GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia.....
Asunto.....

IMPRIMASE:

Ing. Agr. Rodolfo Estrada Gon
DECANO EN FUNCIONES



RECEIVED
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
GUATEMALA, GUATEMALA

RECEIVED
FACULTAD DE AGRONOMIA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
GUATEMALA, GUATEMALA