

RESPUESTA DEL SORGO A LA APLICACION DE AZUFRE Y
NITROGENO EN EL VALLE DEL ZAMORANO

P O R:

José Enrique Guillén

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PREVIO A LA

OBTENCION DEL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

BIBLIOTECA WILSON PLIPY CR
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 93
TEGUCIGALPA HONDURAS

MICROFIS: 7,023
FECHA: 08/02/94
ENCARGADO: Ramiro Salgado

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

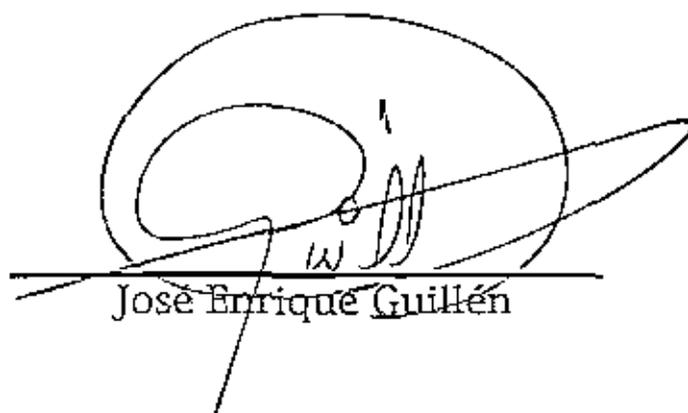
SEPTIEMBRE, 1993

RESPUESTA DEL SORGO A LA APLICACION DE AZUFRE Y NITROGENO EN EL VALLE DEL ZAMORANO

POR:

José Enrique Guillén

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para los usos que considere necesario. Para otras personas y otros fines, se reservan los derechos de autor.



Handwritten signature of José Enrique Guillén, consisting of a large, stylized 'J' and 'G' with a horizontal line through the middle.

Septiembre 1993

DEDICATORIA

Se la dedico a Dios que fue mi gran guía. A mi madre Ada de Guillén con mucho cariño y aprecio, ya que me brindó una ayuda constante y persistente para poder lograr esta meta. A mi padre natural Antonio Giannini por apoyarme en la culminación de este trabajo.

A mis hermanos René, Raúl y Alejandra Guillén con mucho amor y esperando que siempre sigan los buenos pasos; a mis tías, primos y demás familiares que de una u otra forma me proporcionaron su apoyo.

Muy especialmente y con mucho amor se la dedico a mi esposa Belinda y a mi hija Ada Patricia, que siempre estuvieron conmigo en el transcurso de este año, dándome cariño, apoyo moral y espiritual, valores que me ayudaron a culminar satisfactoriamente la meta propuesta. De igual manera se la dedico a todos mis compañeros y amigos.

AGRADECIMIENTO

Al Dr. Francisco Gómez, por la ayuda brindada en el transcurso de mis estudios y por su guía y preparación en mi experiencia como investigador.

Al personal del Proyecto INTSORMIL, al Dr Dan H. Meckenstock y especialmente al Ing. Guillermo Cerritos por sus conocimientos brindados y ayuda en todo momento.

A los profesores del Departamento de Agronomía en especial al Dr. Juan Carlos Rosas, a la Dra. Margoth de Andrews, a la Ing Hilda Flores y al Dr. Juan José Alán por sus enseñanzas .

A el Dr Raúl Santillán por brindarme una ayuda valiosa en la realización de este trabajo; así como a todas aquellas personas del Departamento de Agronomía y de otros Departamentos que de una u otra forma estuvieron involucrados en la realización de esta tesis.

BIBLIOTECA WILSON POPENOE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 92
TEGUIGALPA HONDURAS

RECONOCIMIENTO

Esta investigación fue parte del Programa de Mejoramiento de Sorgo en Honduras y América Central, realizado entre la Escuela Agrícola Panamericana y la Secretaría de Recursos Naturales, cuyo líder es el Dr. Francisco Gómez.

INDICE

TITULO	i
DERECHO DE AUTOR.....	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
RECONOCIMIENTO.....	v
INDICE	vi
INDICE DE CUADROS	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
INDICE DE ANEXOS.....	ix
COMPENDIO.....	x
INTRODUCCION.....	1
REVISION DE LITERATURA.....	3
Interacción de azufre y otros nutrimentos	5
Relaciones entre el azufre en plantas y su calidad	6
Etapas de crecimiento	8
Fotoperiodismo del sorgo	9
Genética de la altura en la planta de sorgo.....	10
Potencial de rendimiento.....	11
MATERIALES Y METODOS	12
Determinación del azufre.....	12
Genotipo de Sorgo.....	13
Niveles de azufre y nitrógeno	14
Diseño experimental	14
Prácticas de manejo.....	15

RESULTADOS Y DISCUSION.....	20
Efecto del genotipo	20
Efecto del nitrógeno	23
Efecto del azufre	24
Efecto de la aplicación de azufre en las características químicas del suelo	26
Absorción de nitrógeno	27
Absorción de fósforo.....	29
Absorción de azufre.....	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	34
BIBLIOGRAFIA	36
BIBLIOGRAFIA	30
ANEXOS	40
DATOS BIOGRAFICOS.....	47
APROBACION.....	48

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Resultado del análisis de suelo de la parcela experimental localizada en la zona los Míngos #3, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, 1992.....	13
Cuadro 2. Tratamientos seleccionados para la comparación de respuesta a nitrógeno y azufre en ambos genotipos.....	14
Cuadro 3. Aplicaciones de riego por aspersión al ensayo ubicado en el lote los Míngos #3, del Zamorano, durante el período del 15 de octubre al 18 de diciembre de 1992.....	16
Cuadro 4. Promedios de los rendimientos de grano y materia seca, de dos genotipos de sorgo, bajo dos niveles de nitrógeno y dos niveles de azufre en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, febrero 1993.....	22
Cuadro 5 Promedios de absorción de nitrógeno, fósforo y azufre, de dos genotipos de sorgo, bajo dos niveles de nitrógeno y dos niveles de azufre en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, febrero 1993.....	29

INDICE DE FIGURAS

- Gráfica 1. Absorción de dos niveles de nitrógeno, en tres diferentes etapas de desarrollo del cultivo del sorgo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, 1993.....28
- Gráfica 2. Absorción de fósforo por dos genotipos (DK-64 y H-1105), en tres diferentes etapas de desarrollo del cultivo del sorgo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, 1993.....30
- Gráfica 3. Absorción de azufre a dos niveles de nitrógeno, en tres diferentes etapas de desarrollo del cultivo del sorgo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, 1993.....33

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Condiciones climatológicas en el Valle de El Zamorano, durante el ciclo de cultivo del experimento sembrado el 16 de octubre de 1992 y cosechado el 18 de enero de 1993	41
Anexo 2. Disposición de tratamientos en el ensayo. Los Mingos, lote #3, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamoranos.	42
Anexo 3. Análisis de varianza de los componentes de rendimiento de grano y materia seca, en dos genotipos de sorgo, bajo dos niveles de nitrógeno y dos niveles de azufre	43
Anexo 4. Análisis de varianza de los niveles de absorción de nitrógeno, fósforo y azufre, en dos genotipos de sorgo, bajo dos niveles de nitrógeno y dos niveles de azufre	44
Anexo 5. Correlaciones más importantes entre los componentes de rendimiento en este estudio	45
Anexo 6. Correlaciones más importantes entre los componentes de rendimientos y concentración de nitrógeno en tres etapas de muestreo (30, 60 90 d)	46

COMPENDIO

Es importante conocer el efecto de los nutrimentos secundarios como el azufre, sobre los patrones de rendimiento, la acumulación de materia seca y la interacción con otros nutrimentos como el nitrógeno, entre los sorgos híbridos fotosensitivos tropicales y los híbridos insensitivos convencionales, con el fin de planificar programas de fertilización más eficientes, y así mismo, seleccionar genotipos con mejores características en la absorción de nutrimentos.

El experimento de campo se condujo utilizando dos genotipos de sorgo, el primero un híbrido comercial, triple enano (DK-64), insensitivo al fotoperíodo, y el segundo un maicillo híbrido, doble enano (H1105), fotosensitivo, bajo dos niveles de azufre (0 y 80 kg ha⁻¹), y dos niveles de nitrógeno (0 y 186 kg ha⁻¹). Se hicieron muestreos en tres diferentes etapas del cultivo (30, 60 y 90 días), para determinar los parámetros de absorción de NPS en el tejido foliar. También, se estimaron, el rendimiento en materia seca, el rendimiento de grano y sus componentes agronómicos.

Las diferencias más importantes se debieron al efecto del nitrógeno, donde el tratamiento con éste produjo un mayor rendimiento que el tratamiento testigo (4.0 vrs, 2.9 t ha⁻¹), indicando que la magnitud del rendimiento y sus componentes en el cultivo del sorgo, dependen de las aplicaciones de nitrógeno. En este estudio se demostró que el H1105 fue más eficiente en la absorción de fósforo que el DK-64. La absorción por el H1105 fue mayor en las primeras etapas de desarrollo, por lo que es más eficiente en este proceso. La falta de humedad en la etapa de llenado de grano tuvo como consecuencias, bajos rendimientos de grano y de materia seca, además que enmascaró la posible respuesta de los genotipos al N y P. El sorgo no respondió a aplicaciones de azufre, en este ensayo, debido a que en el agua de riego, contenía importantes cantidades de azufre (59.3 kg ha⁻¹), que suplieron las necesidades del cultivo, por lo que no se observaron diferencias entre el tratamiento con azufre y el testigo.

INTRODUCCION

El sorgo (*Sorghum bicolor* [L.] Moench) es el quinto cultivo en importancia entre los cereales del mundo después del trigo, el maíz, el arroz y la cebada (Martin, 1985). La planta de sorgo se adapta a una amplia gama de ambientes y produce grano en condiciones desfavorables para la mayoría de los otros cereales. Debido a su resistencia a la sequía, se considera el cultivo más apto para las regiones áridas con lluvia errática (Purseglove, 1972). Aunque su rendimiento potencial es semejante al del maíz, el cultivo es más popular en los trópicos semiáridos con una precipitación anual de más de 500 mm y en donde su rendimiento varía entre 660 y 4000 kg ha⁻¹ (Peacock y Wilson, 1984).

El grano puede ser destinado tanto para consumo humano como animal. En la última década de 1980 a 1990 la demanda de maíz fue mayor que la oferta. Por tal motivo, las plantas procesadoras han incluido al sorgo como alternativa para satisfacer el mercado, ya que no presenta una competencia tan marcada como sucede con el maíz.

En Honduras, se siembran entre 60 mil y 70 mil hectáreas anuales de sorgo, con una producción promedio de 0.85 t ha⁻¹ (1970-1989) (Granados, 1992). Aproximadamente el 90% de esta área se cultiva con sorgos tropicales llamados maicillos y el 10% restante con híbridos o variedades mejoradas. Los maicillos son sorgos altos, con uno o dos alelos recesivos para enanismo braquítico (1-2 dw) fotosensitivos y con bajo pero estable potencial de rendimiento (> 1 t ha⁻¹), mientras que los cultivares mejorados son bajos (2-3 dw), sensibles al fotoperíodo y con alto potencial de rendimiento (< 5 t ha⁻¹). Granados (1992) informó que el uso de semilla mejorada de híbridos y variedades de sorgo se ha incrementado de un 5% en 1987, a un 13% en 1990.

El rendimiento promedio del sorgo en Honduras es menor de 1 t/ha⁻¹. Este es uno de los más bajos en relación con las producciones promedios de otros países. Para lograr un incremento en la producción nacional de sorgo se tienen dos alternativas principales: 1) Usar genotipos mejorados (variedades o híbridos con alto potencial de rendimiento), 2) Mejorar las prácticas culturales para conocer mejor las características fisiológicas y el desarrollo de la planta, por lo que es importante conocer las cantidades de nutrientes absorbidos en las diferentes etapas de su desarrollo, bajo las condiciones de clima y suelo, para determinar los niveles de fertilizante a usar; así como, las densidades y fechas de siembra adecuadas.

Generalmente, la fertilización en sorgo se ha basado únicamente en los requerimientos de macronutrientes (N, P), por lo que posiblemente no se lleguen a obtener los rendimientos esperados. El azufre (S) es uno de los seis elementos mayores en las plantas, las cuales utilizan desde unos décimos hasta un uno por ciento de este elemento. Esto pone al azufre a la par de los elementos fósforo y al magnesio, de los cuales la planta requiere cantidades similares (Bornemisza, 1990).

Algunos suelos del Zamorano son deficientes en S; sin embargo, no se han realizado estudios sobre el nivel crítico para estos suelos. En el sorgo, se ha encontrado que el nivel crítico es de 12 ppm, pero este nivel difiere bajo diferentes condiciones y diferentes metodologías de análisis (Grundon *et al.*, 1987).

Se estudiaron las interacciones NS y PS y analizar si tienen un efecto sinérgico que resulte en un mejor aprovechamiento de los macronutrientes y así las aplicaciones serían más eficientes.

El objetivo de esta tesis fue determinar la respuesta al S de dos híbridos de sorgo, en un suelo de la Escuela Agrícola Panamericana, deficiente en este elemento y su relación con la fertilización nitrogenada y fosforada.

REVISION DE LITERATURA

En Centro América, el sorgo es cultivado en suelos de origen volcánico que generalmente poseen altas cantidades de potasio. Sin embargo, muchos de estos suelos poseen niveles bajos de nitrógeno (N) y bajo a medio de fósforo (P), especialmente cuando han sido intensamente cultivados (Cristiani, 1987).

En general, los niveles de S en suelos de Mesoamérica son muy variables y dependen de las condiciones climáticas. En los suelos superficiales estos niveles son bastante dependientes de la materia orgánica presente (Bornemisza, 1990).

Hay poca información acerca de la respuesta de sorgo al azufre. Sin embargo se han establecido algunos principios. El nivel crítico de azufre para sorgo en el suelo es de 7 a 10 ppm determinado por el método de extracción con 0.15% de cloruro de calcio (Grundon *et al.*, 1987).

Las plantas absorben el S del suelo principalmente en forma de anión sulfato. También absorben S de la atmósfera, en forma de óxido. Este proceso es importante en zonas agrícolas cerca de centros industriales o mineros, donde las lluvias y el aire son fuentes adicionales de S en forma de SO₂, pudiendo agregar cantidades considerables de este elemento. Pero, en regiones como Centroamérica en donde existe poca industria esta adicción no es muy considerable. Otra fuente importante es la materia orgánica la cual aporta el 75-90% del contenido de S del suelo, el cual es transformado, por un proceso de mineralización, en sulfato (SO₄), siendo esta la forma más aprovechable por la planta. Considerando que una parte importante de la agricultura en Centroamérica se realiza en suelos volcánicos, muchos de los cuales presentan una mineralización reducida de la materia orgánica, lo que implica una reducción del S aprovechable por la planta. Se sabe también que las aguas de riego pueden

tener niveles apreciables de SO_4 , suficientes para suplir las necesidades de los cultivos regados (Bornemisza, 1990).

Se ha estimado que las plantas absorben aproximadamente el 55 % del S (SO_4), necesario de los primeros 20 cm del suelo, mientras que el 45 % restante es absorbido del subsuelo. Las concentraciones de S en los primeros 20 cm son menores que las concentraciones de zonas más profundas en la mayoría de los suelos, debido a factores como la lixiviación por lluvias o riegos. Las lluvias intensas que al lavar los suelos arrastran cationes que van acompañados de aniones. El anión principal que acompaña a los cationes perdidos en suelos tropicales es el sulfato, lo cual explica su eliminación rápida en suelos que sufren un lavado intensivo (Hue y Cope, 1987).

También, es interesante recordar que la materia orgánica adsorbe los sulfatos y así, en los suelos bien suplidos de materia orgánica, hay pérdidas menores por lavado de este anión (Bornemisza, 1990).

El desarrollo de cultivos altamente rendidores los cuales utilizan altas cantidades de S y el uso de residuos para la alimentación animal reduce las concentraciones de este elemento en los primeros 20 cm del suelo. En Mesoamérica, esta pérdida se aumenta con la aplicación de fosfatos de uso intensivo, afectando especialmente a la capa superficial de los suelos, donde se acumula el fosfato poco móvil, desplazando el sulfato a las capas más profundas, a veces no alcanzadas por las plantas, especialmente en la etapa de establecimiento (Blair, 1979). Se debe suplir con S a las plantas jóvenes ya que dependerán de las concentraciones existentes en la capa superficial (primeros 20 cm del suelo), que por lo general contienen en bajos niveles. Además, su sistema radical no es muy eficiente en la penetración hasta el subsuelo donde las concentraciones son mayores (Hue y Cope, 1987).

Otra de las causas de deficiencias de este elemento es el excesivo uso de fertilizantes nitrogenados y fosfatados libres de S, lo que reduce la proporción óptima de N:S y P:S en la planta. Esto se debe en gran medida, al poco conocimiento por parte del agricultor de las funciones de este elemento en la planta y al fertilizar únicamente con macronutrientes, olvidándose de los secundarios como el S (Morris, 1988).

La cantidad de S utilizado varía de acuerdo con el cultivo, su potencial de rendimiento y el tipo de suelo. Pero generalmente, son mayores de 50 a 70 kg ha⁻¹ año⁻¹. En muchos casos, la cantidad utilizada por cultivo es similar a la cantidades de P y en algunas circunstancias lo excede (Morris, 1988).

Para determinar la cantidad de azufre aplicada, se tomaron en cuenta recomendaciones de literatura revisada. Mahmoud Kálbasi y colaboradores, encontraron que de niveles de 200 kg/S ha⁻¹ en suelos calcáreos se obtenían los máximos rendimientos en grano para sorgo. Según otras fuentes (Sulfur in Indian Agriculture, 1988), los cultivos remueven anualmente del suelo de 10-70 kg S ha⁻¹ por lo que los requerimientos de S son similares a los requerimientos de P en algunos cultivos, recomendando aplicaciones de 40 kg S ha⁻¹ para corregir deficiencias en suelos deficientes (Goswami, 1988). Experimentos de abonamiento de maíz híbrido en suelos deficientes de S, no encontraron respuestas positivas a la aplicación de hasta 30 kg S ha⁻¹ (Durán y colaboradores 1988). De acuerdo con las recomendaciones obtenidas y en vista de que no se encontró información en cuanto a la dosis óptima de aplicación, se decidió con el fin de obtener respuesta, la aplicación de 80 kg de S ha⁻¹ utilizando como fuente azufre elemental (90 % de S), para el tratamiento con S (S1).

Interacción de azufre con otros nutrientes.

Se ha demostrado que el efecto del azufre no es independiente. Previamente se han mencionado interacciones, siendo las de mayor importancia

con el N, ya que, aplicándolos juntos los dos elementos, tienen una acción sinérgica. También, se indica que si se suministran cantidades apreciables de uno de los dos elementos y el otro es escaso, las deficiencias serán especialmente grandes. Esta observación se entiende fácilmente si se considera que tanto el nitrógeno como el azufre son partes fundamentales de las proteínas (Bornemisza, 1990).

Otra interacción de gran importancia es la del S con el P. Aquí debe considerarse el efecto desplazador del fosfato, especialmente si se aplica en grandes cantidades como es común para suelos volcánicos. Esto resultará en un aumento del lavado del SO_4 y puede incluso conducir a deficiencias donde previamente no se presentaban. Esta observación es muy importante para los trópicos de América, donde está aumentando apreciablemente el uso de fosfatos debido a la deficiencia común de P. Como resultado, el aprovechamiento del azufre se vuelve menos eficiente y se presentan más deficiencias (Bornemisza, 1990).

La absorción de sulfato y otros factores del suelo, se ve también influida por otros iones absorbidos al mismo tiempo. La presencia de iones de amonio, en algunos abonos, como el sulfato de amonio o la urea S. En el caso de urea S, después de la hidrólisis fomenta la absorción del sulfato. También, la deficiencia de S conduce a una disminución del proceso de reducción normal de nitratos en las plantas (Duke y Reisenauer, 1986).

Relaciones entre el azufre en las plantas y su calidad.

Se han encontrado diferentes concentraciones de S en diversos genotipos, ya que los que contengan aminoácidos con S (metionina) tendrán mayor acumulación de este elemento.

Los síntomas de deficiencias de S en las plantas son: carencia de vigor, falta de crecimiento, un color verde pálido a amarillo, hojas nuevas, cortas y muy

erectas, y clorosis en los tejidos de la base de las hojas. En algunos cultivos, esta clorosis avanza rápidamente en los tejidos intervenales tornándose después de color amarillo uniforme y eventualmente se torna café en las hojas bajas causándoles la muerte (Grundon *et al.*, 1987).

Otro método para calcular deficiencias es usar el tejido de la planta. Las concentraciones de S en los tejidos de las plantas varían entre 0.1 a 0.3 %. Otra buena indicación de deficiencia de S es una razón de N:S en los tejidos siendo el rango óptimo de 15:1 si en el caso la relación fuera 17:1 esto indica que hay menor cantidad de S en la planta en relación al rango óptimo (Sanchez, 1981).

Las funciones del S en las plantas son tanto estructurales como metabólicas. La importancia estructural se refiere a la construcción tridimensional de las proteínas reguladas en alto grado por puentes de S, aunque por el momento no se conoce la importancia de todos estos puentes. (Allway y Thomson, 1966).

Kanwar y Mudahar (1986) sugieren ocho funciones principales:

1. La síntesis de los tres aminoácidos esenciales que contienen azufre y que son parte fundamental de las proteínas. Estos aminoácidos son la cisteína, la cistina y la metionina.
2. La síntesis de la clorofila.
3. La actividad de varias enzimas proteolíticas como las papainasas.
4. La formación de diferentes vitaminas como la biotina, la glutiona y la coenzima A.
5. La formación de una serie de glucósidos componentes fundamentales de los aceites esenciales que dan el olor de muchas plantas.

6. El establecimiento de enlaces de disulfuro en compuestos que contribuyen a una mayor tolerancia a condiciones desfavorables como el frío y la falta de agua.
7. La activación de la enzima sulfurilasa de ATP que tiene un papel importante en el metabolismo de azufre.
8. La formación de ferredoxina, una proteína de hierro y azufre portadora de electrones en el proceso fotosintético e involucrada en la fijación de N_2 .

En las relaciones del azufre en las plantas y su calidad, este elemento influye en efectos favorables.

1. Mejora la calidad y cantidad de proteína en muchos granos.
2. En los pastos aumenta el nivel de proteínas y reduce las relaciones N/S en ellos.
3. Mejora la calidad de los cereales, tanto en lo referente a su molienda y horneado, como a su valor nutritivo.
4. Aumenta el contenido de aceite en oleaginosas.
5. Hace más fácil el manejo de los cultivos al aumentar su resistencia al frío, a la sequía e incluso su resistencia a plagas (Kanwar y Mudahar, 1986).

Etapas de Crecimiento

El crecimiento y desarrollo son procesos controlados por el genotipo, el ambiente y la interacción del genotipo con el ambiente. El crecimiento se puede definir como un proceso de multiplicación celular y el aumento de tamaño de las células y la diferenciación o especialización de las células son parte del desarrollo

de las plantas. Tomados en conjunto, estos procesos llevan a la acumulación de materia seca (Gardner *etal.*, 1985).

Se han establecido tres etapas o fases principales en el crecimiento del sorgo para dar un mejor entendimiento del desarrollo de la planta: la vegetativa, la reproductiva y el período de llenado de grano. Estas etapas se pueden describir de la siguiente manera:

EC1 (0-30 días). La fase vegetativa, se caracteriza por la germinación, desarrollo de la plántula, crecimiento de las hojas y el establecimiento de una porción significativa del sistema radical completo.

EC2 (30-60 días). La fase reproductiva, comienza cuando en el meristema apical empieza a diferenciarse un meristema floral, continúa con el desarrollo de la inflorescencia y termina con la antesis; durante esta fase, hay una elongación rápida de los entrenudos del tallo y expansión de las hojas. Aproximadamente una mitad de la materia seca total se ha producido y la absorción de N y P ha alcanzado casi el 70 y 60 % respectivamente.

EC3 (60-90 días). La fase madurez fisiológica, se caracteriza por la polinización, la fertilización, el desarrollo, la madurez del grano y la senescencia de las hojas (Compton, 1990).

Fotoperiodismo del Sorgo

El sorgo es una planta de días cortos, es decir el meristema apical permanece vegetativo hasta que la longitud del día sea lo suficientemente corta para inducir su transformación en meristema floral. Una descripción del concepto de días cortos y la respuesta al fotoperíodo, es bastante compleja. Sin embargo, algunos autores basados en estas relaciones, han clasificado los sorgos en tres

tipos (Dogget, 1988): *Sorgos tropicales de tierras altas*, son sensibles al fotoperíodo y están ubicados en los trópicos entre los 1,600 y 2,500 msnm. Este tipo de sorgo crece y se reproduce a temperaturas nocturnas relativamente bajas (17 °C). *Sorgos de clima templado*, son relativamente insensibles al fotoperíodo, están adaptados a días cálidos o sombreados con noches frías. Los híbridos y variedades mejoradas están en este grupo. *Sorgos tropicales de tierras bajas*, son sensibles al fotoperíodo. Los maicillos de Centroamérica pertenecen a este grupo y requieren noches de 12 horas o más para iniciar su floración (Meckenstock *et al.*, 1985).

Se conocen cuatro loci para madurez en el sorgo, que se han denominado Ma₁, Ma₂, Ma₃, Ma₄ (Pao y Morgan, 1986). Estos loci controlan el período necesario para llegar a la diferenciación floral y a la madurez, a la vez que influyen en la respuesta al fotoperíodo y a la temperatura (Sorrells y Myers, 1982). El alelo Ma₁ está presente en los maicillos criollos. Los maicillos mejorados mantienen este alelo que favorece su adaptación a los sistemas en que se cultivan los maicillos criollos

Genética de la Altura en la Planta de Sorgo

Se han identificado cuatro loci que determinan la altura de la planta de sorgo, que afectan la elongación de los entrenudos pero no su número (Quinby, 1974). Se han denominado Dw₁, Dw₂, Dw₃ y Dw₄. Los sorgos híbridos, que se utilizan para grano en la actualidad como el DK-64, son recesivos para tres de los loci (triple enanos) y sus genotipos, por lo general, son dw₁, Dw₂, dw₃, dw₄. En cambio, los maicillos son recesivos para un locus y los maicillos mejorados son recesivos en dos loci para altura (Meckenstock *et al.*, 1985).

Potencial de Rendimiento

El sorgo tiene un potencial de rendimiento alto, comparable con el arroz, el trigo y el maíz. En condiciones de campo favorables puede superar los 11,000 kg ha⁻¹; con rendimientos promedios que varían entre 7,000 kg ha⁻¹ y 9,000 kg ha⁻¹ en zonas donde la humedad no es factor limitante. Cuando es limitante, los rendimientos son de 300 a 1,000 kg ha⁻¹ (House, 1985).

El rendimiento es el resultado de la interacción de sus componentes (Grafius, 1959). Los principales componentes son:

$$\left[\frac{kg}{ha} \right] = \left[\frac{Plantas}{ha} \right] \left[\frac{Panículas}{Planta} \right] \left[\frac{Semillas}{Panícula} \right] \left[\frac{mg}{semilla} \right]$$

Rendimiento Densidad GS1 GS2 GS3

Los componentes siguen una secuencia de izquierda a derecha, la interacción depende de cuál órgano se forma primero y tiende a ser compensatoria, dependiendo de la disponibilidad de recursos (Adams y Grafius, 1971).

La densidad de siembra en sorgo (plantas ha⁻¹) depende del potencial de rendimiento que está controlado por la cantidad de humedad disponible. Comercialmente, las densidades varían desde 45,000 plantas ha⁻¹ para un potencial de rendimiento de 2 t ha⁻¹ de grano, hasta casi 200,000 plantas ha⁻¹ para obtener más de 8 t ha⁻¹ de grano (Bennet *et al.*, 1990).

El número de granos está negativamente correlacionado con su peso. Los sorgos comerciales generalmente tienen pesos de 3.0 - 3.5 g por 100 granos (House, 1985).

MATERIALES Y METODOS

El experimento de campo se llevó a cabo en el lote denominado los Mingos # 3 de la Sección de Agrostología del Departamento de Zootecnia de la Escuela Agrícola Panamericana en El Zamorano, la cual se encuentra ubicada a una altitud de 772 msnm. Este lote fue seleccionado por su bajo contenido de S (7 ppm) con una textura franco-arcillo-arenosa. El suelo, pertenece a la familia mediana sobre fina, mixto, isohipertérmico del Typic Ustifluent, bastante profundo, bien drenado y con una permeabilidad moderada en el perfil (Diaz, 1989).

Los análisis de laboratorio de suelos de la EAP indican (Cuadro I) que el suelo posee bajos niveles de Nitrógeno (0.15 ppm), niveles medianamente bajos de P (22.8 ppm) y bajos niveles de S (7.09 ppm). El potasio se encontró en niveles altos (435 ppm) considerándose estos suelos muy ricos en este macronutriente. La determinación de nitrógeno se hizo mediante el método Kjeldahl (micro); la de fósforo, mediante el método colorimétrico de fosfomolibdeno azul, utilizando un espectrofotómetro marca Milton Roy, modelo Spectronic-20; y la de azufre se realizó por el procedimiento turbidimétrico con cloruro de bario, en donde se leyó el porcentaje de transmitancia a una longitud de onda de 400 nm en un colorímetro (Diaz y Hunter, 1978).

Determinación del azufre.

Para la determinación de azufre en muestras foliares y extractos de suelo, el procedimiento que se usó fue el método turbidimétrico con cloruro de bario, el cual determina las concentraciones de S como sulfato. En la determinación del S en el suelo, se hizo la extracción con fosfato de calcio, luego se agita la muestra con la solución por 10 minutos y finalmente se determina el S turbidimétricamente con cloruro de bario (Diaz y Hunter, 1978).

Para el caso de muestras foliares, se agrega a la muestra una solución de nitrato de magnesio, se evapora y seguidamente se incinera en una mufla por 3 horas a 450°C. Se disuelve la ceniza en ácido cítrico (1:25), se filtra y luego se determina el S turbidimétricamente con cloruro de bario (Chesnia y Yien, 1950).

Varios investigadores creen que es más sencillo y confiable evaluar el estado nutricional midiendo el S en la planta y tomar decisiones en base a la concentración

También, varía la concentración de S en diferentes hojas de la planta, para efectos de análisis foliar se tomaran las hojas mas nuevas que tengan emergido el cuello basal, ya que en éstas es donde se encuentran las mayores concentraciones en la planta (Clark y Gourley, 1987).

Cuadro 1. Resultado del análisis de suelo de la parcela experimental localizada en la zona los Míngos #3, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, 1992.

Textura	Franco	Nitrógeno	0.15%
Materia orgánica	3.88 %	Fósforo	22.8 ppm
pH(H ₂ O)	5.48 (0-20 cm) 5.51 (21-40 cm)	Azufre	7.09 ppm
		Potasio	435 ppm

Tratamientos

Los tratamientos se seleccionaron de manera que permitieran una comparación sistemática de la respuesta en rendimiento y sus componentes de ambos genotipos, a la presencia o ausencia de azufre y nitrógeno (Cuadro 2).

Genotipos de Sorgo

Se utilizaron dos genotipos de sorgo: el primero DK-64 (G1), es un híbrido convencional, triple enano, insensible al fotoperíodo, siendo un representante de los híbridos mejorados insensitivos. El segundo H1105 (G2), es un híbrido

fotosensitivo, doble enano, sensible al fotoperíodo y representante de los maicillos mejorados sencitivos. La semilla fue proporcionada por el Proyecto Sorgo EAP/SRN/INTSORMIL.

Niveles de Azufre y Nitrógeno

Se trabajó con dos niveles de S, los cuales fueron 0 y 80 kg ha⁻¹, en donde; S0 = 0 kg ha⁻¹ y S1 = 80 kg ha⁻¹, utilizando como fuente de este elemento el azufre elemental o flor de azufre, al 90% de S, realizando la aplicación del tratamiento con S al momento de la siembra. Se utilizaron dos niveles de N; 0 y 186 kg ha⁻¹, en donde; N0 = 0 kg ha⁻¹ y N1 = 186 kg ha⁻¹, usando como fuente la urea al 46% de N, en el tratamiento con N se hicieron dos aplicaciones la primera al momento de la siembra y la segunda a los treinta días después.

Cuadro 2. Tratamientos seleccionados para la comparación de respuesta a nitrógeno y azufre en ambos genotipos

Tratamiento	Azufre (kg ha ⁻¹)	Nitrógeno (kg ha ⁻¹)	Genotipo
1	0	0	DK64
2	80	0	DK64
3	0	186	DK64
4	80	186	DK64
5	0	0	H1105
6	80	0	H1105
7	0	186	H1105
8	80	186	H1105

Diseño Experimental

El diseño experimental consistió en un bloque completamente al azar con cuatro repeticiones con un factorial de 2x2x2, en el cual los tratamientos fueron

las combinaciones de dos niveles de N, dos niveles de S y dos genotipos de sorgo altamente rendidores diseñados. La parcela experimental consistió de seis surcos de 5 m de largo distanciados a 0.80 m, de los cuales se destinaron 2 surcos de borde (1 y 6), dos surcos para muestreos destructivos (2 y 5) y dos surcos para determinar rendimientos (3 y 4) ver croquis en el Anexo 2.

Prácticas de Manejo

En cuanto a la preparación del suelo se realizó una arada, tres pases de rastra y seguidamente la surcada con espacios de 0.8 m entre c/u. La siembra se realizó manualmente el 16 de octubre. La semilla se trató con Promet 400 CS en dosis de 40 cc por kg^{-1} de semilla. Para el combate de malezas de hoja ancha y algunas gramíneas, se realizó una aplicación de atrazina (Gesaprin 90 G), a razón de 1.8 kg i.a./ha, con un volumen de 300 litros de agua/ha.

Se realizaron dos surcos pequeños en cada cama, uno fue destinado para la semilla y en el otro fue aplicado el fertilizante en banda e incorporado. La aplicación de azufre para el tratamiento S1 se realizó al momento de la siembra a razón de 80 kg ha^{-1} .

Para el caso del N la cantidad de fertilizante aplicado para el tratamiento N1, se basó en el análisis de suelo, considerando una disponibilidad para N de 2 % del N total lo que equivale a 54 kg ha^{-1} de N. Para completar la cantidad requerida de N (240 kg ha^{-1}), se aplicó urea 46 % de N, para suplir 186 kg ha^{-1} de N en dos aplicaciones. La primera aplicación se dió a la siembra a razón de 93 kg ha^{-1} de N y la otra mitad a los 30 ddg (93 kg ha^{-1}), en la etapa de diferenciación floral, completando el requerimiento de 240 kg ha^{-1} . Para eliminar el efecto de deficiencia de fósforo se realizó una aplicación en todos los tratamientos a razón de 4 kg ha^{-1} , ya que los niveles en el suelo estaban en 25 ppm, lo que representa una disponibilidad de 35 kg P ha^{-1} , por lo que se aplicaron 4 kg P ha^{-1} , utilizando

como fuente el fertilizante 18-46-0 (46 % de P), para cubrir el requerimiento de 40 kg P ha⁻¹ para el cultivo de sorgo.

El sistema de siembra fue cultivo puro, realizando un raleo a los 15 días de sembrado (31 de octubre), para obtener una densidad de 240,000 plantas/ha. El combate de malezas fue hecho manualmente con azadón y se llevó a cabo a los 30 días, antes de realizar la segunda aplicación de nitrógeno para el tratamiento N1. Durante el ciclo del cultivo no hubo ataque de plagas ni enfermedades, por lo que no hubo necesidad de aplicación de plaguicidas.

Se realizaron riegos de agua suplementarios aplicando un total de 374 mm repartidos en seis riegos, los cuales fueron adecuadamente distribuidos de acuerdo con los requerimientos hídricos del cultivo, de manera que el agua no fuera una limitante en el proceso de desarrollo y asimilación de nutrimentos por la planta. Estos seis riegos se hicieron por aspersión, realizando un riego un día antes de la siembra, las fechas y duraciones de cada riego se especifica en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Aplicaciones de riego por aspersión al ensayo, durante el período del 15 de octubre al 18 de diciembre de 1992.

Fecha	Días después de siembra	Tiempo de riego (h)	Cantidad (mm)
15 de octubre	0	1.5	35
20 de octubre	5	2.0	47
4 de noviembre	14	3.0	70
16 de noviembre	26	3.0	70
27 de noviembre	37	3.5	82
18 de diciembre	58	3.0	70
Total		16.0	374

Datos Colectados

La respuesta de los genotipos de sorgo se midió por medio: rendimiento total de materia verde y seca y el rendimiento de grano y sus componentes. Los datos colectados fueron los siguientes

1. Número de plantas a la cosecha por parcela.
2. Madurez, por medio del número de días desde la fecha de siembra a la fecha cuando la parcela presentó el 50 % de plantas en antesis.
4. Altura de la planta en centímetros, desde la base de la planta al ápice de la panícula en 10 plantas por parcela.
5. Numero de panojas de los surcos utiles por cada parcela.
7. Peso de panojas de los surcos utiles por cada parcela.
8. Tamaño del grano por medio del peso de 300 granos
9. Peso fresco total a la cosecha tomado de los surcos útiles de cada parcela.
10. Porcentaje de humedad del grano a la cosecha (14 %).
11. Peso seco de muestra fresca de 500 granos.
12. Acame: número de plantas acamadas a más de 45 grados en los surcos de muestreo y rendimiento, en las diferentes etapas del cultivo.

Las estimaciones de rendimiento y sus componentes se llevaron a cabo en los surcos 2 y 3 de cada parcela. El grano fue cosechado y trillado manualmente, ajustado al 14 % de humedad para el cálculo del rendimiento.

Análisis de Asimilación de N, S, y P

Se hicieron muestreos destructivos de las partes aéreas de las plantas en el segundo y quinto surco de cada parcela, siguiendo la clasificación de las etapas fenológicas de Paul (1990). El primer muestreo se realizó en la etapa de EC1 (30

días, diferenciación), el segundo en la etapa EC2 (60 días, floración) y el tercero en la etapa EC3 (90 días, madurez).

Se tomaron aleatoriamente 10 hojas en cada etapa fenológica. Las hojas se secaron a 65° centígrados por 48 h en una estufa marca Thelco. Luego, fueron molidas hasta que pudieran ser pasadas por una malla de acero inoxidable de 1 mm, en un molino marca Tecatur, para realizar los respectivos análisis de contenido de N, P y S.

Aunque el P no se incluyó como uno de los tratamientos en estudio, se realizaron análisis para determinar alguna interacción o efecto que se presentara con respecto a los híbridos así como en los niveles de N y S.

Para el análisis foliar de N y P se pesaron 0.15-0.20 g de muestra. El nitrógeno total se determinó mediante el método Kjeldal (micro). Para el fósforo se utilizó digestión húmeda con H₂SO₄ y H₂O₂. La determinación del fósforo total se realizó por el método colorimétrico fosfomolibdeno azul, utilizando el espectrofotómetro marca Milton Roy, modelo Spectronic-20. La determinación de asimilación de S se determinó por el procedimiento turbidimétrico con cloruro de bario, se lee el porcentaje de transmitancia en una longitud de onda de 400 nm en un colorímetro.

Análisis de la Información

Los datos fueron analizados utilizando el paquete estadístico SAS® (Statistical Analysis System) versión 6.04 de acuerdo con el siguiente modelo lineal:

$$Y_{ijkl} = B_i + H_j + N_k + S_l + HN_{jk} + HS_{jl} + NS_{kl} + HNS_{jkl} + E_{ijkl}$$

en donde,

Y_{ijkl} = respuesta

B_i = efecto del i^{avo} repetición

H_j = efecto debido al j^{avo} híbrido

- $N_k =$ efecto debido al k^{avo} nivel nitrógeno
 $S_l =$ efecto debido al l^{avo} nivel azufre
 $HN_{jk} =$ efecto debido a la interacción del j^{avo} híbrido con el k^{avo} nivel de nitrógeno
 $HS_{jl} =$ efecto debido a la interacción del j^{avo} híbrido con el l^{avo} nivel de azufre.
 $NS_{kl} =$ efecto debido a la interacción del k^{avo} nitrógeno con el l^{avo} nivel de azufre
 $HNS_{jkl} =$ efecto debido a la interacción de j^{avo} híbrido con el k^{avo} nivel de nitrógeno y con el l^{avo} azufre
 $E_{ijkl} =$ efecto debido al error.
- y en donde, $i = 1,2,3,4$ $j = 1,2$ $k = 1,2$ $l = 1,2$

Los datos fueron sometidos a análisis de varianza y medias mediante la prueba DUNCAN al 5 % de probabilidad.

RESULTADOS Y DISCUSION

C2.RENDIMIENTO Y COMPORTAMIENTO AGRONOMICO

El Cuadro 4 y el anexo 3 presentan los resultados de los análisis de varianza y las medias de rendimiento de grano y los componentes de rendimiento, así como de materia seca, para los efectos debidos a los genotipos, el nitrógeno y el azufre. Para cada efecto se muestra su nivel de significación y su respectiva separación mediante la prueba de Duncan. En general, los efectos principales fueron más importantes que los efectos de las interacciones.

Efecto del Genotipo.

No se observaron diferencias significativas entre los genotipos en cuanto al rendimiento de grano y biomasa (Anexo 3). Ambos cultivares rindieron un promedio de 3.5 t ha⁻¹ de grano y 8.2 t ha⁻¹ de materia seca (Cuadro 4). Aunque la población final de plantas fue significativamente mayor para DK64 (126,000 plantas ha⁻¹) y menor para H1105 (120,000 plantas ha⁻¹), esta diferencia no fue lo suficientemente grande para afectar significativamente el rendimiento de grano y biomasa, según el análisis de covarianza (P=0.3482).

Los bajos rendimientos observados fueron debidos a un déficit hídrico durante las etapas críticas del cultivo (>60 dds). La aplicación y uso del agua de riego fue muy eficiente en los primeros 60 días del cultivo (Anexo 1), lo que se expresa en el crecimiento y desarrollo favorables, alcanzadas por las plantas de ambos híbridos. H1105 alcanzó más de 2 m de altura y DK64 1.8 m., diferencias que son explicadas por los genes de altura. H1105 es un doble enano (2dw) y el DK-64 es un triple enano (3dw) (Granados, 1992).

Observaciones de campo relacionadas con la longitud y excreción de panícula también sugirieron que el desarrollo pre-floral de las partes vegetativas de las plantas fue normal. Las panículas lograron emerger satisfactoriamente, pero

no produjeron el suficiente número de florecillas viables, especialmente en la parte inferior de la pánicula

A partir del día 58 d, existieron restricciones de riego, debido a que la fuente de agua fue utilizada sin consulta previa por el departamento de Zootecnia, la cual se prolongaron hasta el final del ciclo. El buen desarrollo alcanzado por las plantas hasta este tiempo, no se tradujo en mayor rendimiento de grano y materia seca. El llenado de grano fue satisfactorio ya que el peso promedio de una semilla en ambos híbridos (27.35 mg/semilla) aparentemente fue normal y estadísticamente igual, indicando un caso típico de la capacidad compensatoria de los componentes de rendimiento en sorgo

El efecto de la restricción de humedad en la última etapa de formación de florecillas, redujo significativamente el número de granos que alcanzaron la madurez. El número de granos por m² estimados a partir del peso de un grano y del rendimiento, indican que este componente fue el que más influyó en el bajo rendimiento observado ($r=0.96$). En estudios anteriores, estos dos híbridos produjeron casi 30,000 granos por m² (Granados, 1992), comparados con los 10,213 granos por m² en este experimento.

Aunque no se obtuvo diferencias significativas en floración entre los dos híbridos por efecto del genotipo, ambos híbridos mostraron un retraso de aproximadamente 4 días en alcanzar el 50 % a la antesis, con respecto a las siembras realizadas en agosto y septiembre en otras oportunidades (Granados, 1992; Gómez y Meckenstock, 1991). Se sabe que la época de siembra afecta la floración en sorgo (Miller, 1968-69). La diferenciación floral ocurrió en días cortos de menos de 12 h de luz (20-26 de nov), cuando se aproximaba el equinoccio de invierno (Lehr, 1957). Como ambos híbridos fueron inducidos a la diferenciación floral simultáneamente, el requerimiento fotoperiódico de H1105 se cumplió y posiblemente el gen Ma₁, para cual es dominante, fue activado entre los días 30-35 dds. Debido a estas condiciones ambientales, H1105 se comportó

como DK-64, el cual es recesivo para el gen responsable de la respuesta al fotoperíodo (ma_1).

Cuadro 4. Promedios de los rendimientos de grano y materia seca, de dos genotipos de sorgo, bajo dos niveles de nitrógeno y dos niveles de azufre en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano

EFECTO	Grano		Días a	Altura	Materia
	t ha ⁻¹	No semilla /m ²	floración d	m	seca t ha ⁻¹
Genotipos					
DK-64	3.6 a †	10,600 a	68 a	1.82 b	8.1 a
H1105	3.4 a	9,825 a	66 a	2.08 a	8.3 a
Nitrógeno					
0 kg/ha	2.9 b	8,282 b	69 a	1.94 a	7.3 b
186 kg/ha	4.0 a	12,144 a	65 b	1.96 a	9.1 a
Azufre					
0 kg/ha	3.5 a	9,997 a	67 a	1.95 a	8.0 a
80 kg/ha	3.5 a	10,429 a	67 a	1.95 a	8.3 a

†. Las medias seguidas por las mismas letras no son significativas al 0.05% de probabilidad, según la prueba LSD.

Efecto del Nitrógeno.

Existió una respuesta significativa en rendimiento para la no aplicación y aplicación de nitrógeno. El rendimiento de grano aumentó de 2.9 a 4.0 t ha⁻¹. Este incremento representa 5.9 kg de grano por cada kilo de N aplicado. Esta baja eficiencia aparentemente fue debida a la restricción en el riego discutida anteriormente. Granados (1992), informa eficiencias de 30 y 24 kg de grano por cada kg de N, para H1105 y DK64 respectivamente, bajo condiciones de riego suplementario. (Gómez *et al.*, 1992), informan que H1105 y DK64 produjeron 27 y 25 kg de grano por cada kg de N aplicado, bajo condiciones de riego suplementario. Otros estudios conducidos en lotes de pequeños agricultores (Gómez *et al.*, 1992) con híbridos similares a H1105, indican una eficiencia de 15 kg de grano por cada kilo de N aplicado en suelos de laderas bajo condiciones de temporal.

El aumento en rendimiento de grano al aplicar N se debió principalmente a un incremento en el número de granos ($r=0.9$). Cuando no se aplicó N, las plantas solamente produjeron 8282 granos por m², mientras que con la aplicación de N, produjeron casi 50 por ciento más granos por m²(12,144). Estos resultados son significativos y resaltan la importancia de la fertilización nitrogenada en sorgo al principio de la etapa de diferenciación floral. Aunque exista déficit hídrico en la etapa de llenado de grano, las plantas fertilizadas están bastante vigorosas para tolerar mejor el estrés y puede contribuir para obtener mejores rendimientos.

Las relaciones entre tamaño de grano y número de granos fueron negativas, como se esperaba. Cuando no se aplicó N las plantas produjeron menos granos pero más pesados (28.8 mg/grano); en contraste con la aplicación de N, produjo más granos, pero con menor peso (26.6 mg/grano). Esto se explica debido a que estos dos componentes de rendimiento están negativamente

correlacionados. Los resultados explican una vez más la importancia de la aplicación de N al principio de la etapa de diferenciación floral ya que el N obtiene su pico de acumulación en las hojas y tallos a mediados de esta etapa (40-50 dds), para su translocación hacia las estructuras reproductivas después de floración (Vanderlip, 1979).

Las plantas que no recibieron N adicional, retrasaron significativamente ($P=0.001$) su floración. Mientras que en el tratamiento con nitrógeno florecieron a los 65 días, y las del testigo lo hicieron 4 días más tarde (69 dds). Esta respuesta a N en sorgo está ampliamente documentada en la literatura (Compton, 1990).

El nitrógeno tuvo un efecto significativo ($P=0.000$) en el rendimiento de materia seca total al final del ciclo. La materia seca aumentó de 7.3 a 9.1 t ha⁻¹, indicando que cada kg de N adicional produjo 49 kg de materia seca. Este valor representa 66 por ciento de lo encontrado por Granados (1992) en estudios con sorgo en la EAP.

En general, este estudio sugiere que bajo las condiciones del experimento, la decisión de sembrar un determinado híbrido del tipo DK64 o H1105 es independiente de la decisión de aplicar o no aplicar N, ya que la interacción híbrido x nitrógeno no fue significativa.

Efecto del Azufre.

El azufre en este estudio no tuvo ningún efecto sobre el rendimiento de grano y sus componentes, así como en la producción de materia seca total.

La respuesta al azufre ha sido determinada por varios investigadores en diferentes ambientes. Muchos de estos resultados concluyen, en primer lugar, que para que exista una respuesta a azufre es necesario que el suelo sea deficiente (< 7 ppm) (Grundon *et al.*, 1987). En segundo lugar, debe de haber un equilibrio entre el S mineral y el S disponible (SO₄), lo cual está determinado por las cantidades disponibles de carbono, nitrógeno, fósforo y el mismo azufre (Sulphur

Institute, 1968). En tercer lugar, la textura de suelo debe contener la suficiente cantidad de materia orgánica para permitir la adsorción del ion SO_4 (Sulphur Institute, 1968). En cuarto lugar, el agua de riego debe de contener concentraciones bajas de S (Das y Datta en 1973). La concentración de S disponible en el suelo en que se condujo este estudio fue de 7 ppm, concentración con la cual es posible obtener una respuesta en rendimiento de grano de sorgo, según la literatura citada anteriormente (Grundon *et al.*, 1987)

La relación óptima C:N:P:S debe ser 100:10:1:1 (Tisdale y Nelson, 1975) y antes del experimento en el suelo había una relación de 3214:214:31:1. Estos valores indican un exceso de 32 veces para el carbono, 21 para nitrógeno y 31 para fósforo. La aplicación de azufre mejoró las relaciones con C y N en favor del S 478:34:1:1 y aparentemente se corrigió el efecto antagónico que el ion PO_4^- pudiese tener con el ion SO_4^- . De esta manera, era posible obtener una respuesta a la aplicación de azufre.

Además, el suelo era de textura franca y el porcentaje de MO fue de 3.88%, (2-4% nivel medio), indicando una buena textura y con suficientes coloides para permitir una absorción adecuada, para una posterior absorción por las plantas de sorgo. Estudios realizados indican que fertilizaciones con azufre, ya sea tratamientos sólo con azufre o bien en interacción con nitrógeno, no tuvieron efectos significativos en cuanto al rendimiento de grano y materia seca en el cultivo de maíz. Las respuestas a aplicaciones de azufre mayormente se obtienen en suelos arenosos y con poca materia orgánica (Leary y Rehm, 1990).

La fuente de agua utilizada para el riego en este ensayo provino de una de las lagunas de oxidación de la EAP. La concentración de S en el agua de esta laguna, según el análisis de laboratorio fue de 15.86 ppm. El volumen total de agua de riego aplicado fue de 374 mm, equivalente a añadir 59 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de S. Esto indica que el S añadido como fertilizante, no fue la única fuente de este elemento,

ya que el tratamiento de S0 (testigo) contenía el equivalente a 14 kg ha⁻¹, más los 59.3 kg ha⁻¹ añadidos por el agua de riego, sumando un total de 73.3 kg S ha⁻¹, equivalente a 22 ppm. En cambio el tratamiento S1, además de tener los 14 kg S ha⁻¹ en el suelo y los 59.3 kg ha⁻¹ aplicados en el agua de riego, se añadió 80 kg S ha⁻¹ como fertilizante, haciendo un total de 153 kg ha⁻¹, lo que equivale a 46 ppm, cantidad considerada alta. Por consiguiente, la ausencia de respuesta a la aplicación de azufre se debió a que tanto al tratamiento con azufre como al testigo, fueron añadidas cantidades importantes en el agua de riego.

Un punto importante de discusión y que puede considerarse en la optimización de los rendimientos en sorgo en la EAP, son las densidades de siembra utilizadas, como ya sabemos que la cantidad de S no es el factor limitante, si regásemos con agua de estas lagunas, es el aumento en la densidad de plantas, dado que se aumentan los requerimientos de los nutrientes en proporciones respectivas. La densidad utilizada en este estudio fue baja (123,000 plantas ha⁻¹). La competencia por nutrientes, agua y luz entre plantas, es mayor a medida que aumenta la densidad, es posible que se pueda hacer un mejor uso del S presente en estas aguas a densidades más altas (200,000 plantas ha⁻¹).

Efecto de la aplicación de azufre en las características químicas suelo.

Se realizó un muestreo de suelo y el subsuelo en las parcelas con el tratamiento (80 kg ha⁻¹) con azufre y en las parcelas con el tratamiento sin azufre (0 kg ha⁻¹), para determinar el efecto sobre el pH después del cultivo. Se observó que en el tratamiento sin azufre el pH fue de 5.72 y 5.83 respectivamente, mostrando un ligero aumento con respecto al pH inicial del suelo, el cual fue de 5.48 y 5.51 respectivamente, mientras que en el tratamiento con azufre el pH estuvo en 5.62 y 5.51 respectivamente. Una posible explicación para este pequeño aumento es que el equilibrio entre el S orgánico e inorgánico, favorece al

primero, el cual no tiene ningun efecto acidificador en el suelo (Azufre Instituto, 1968).

C2.ABSORCION DE N P S

En general, las concentraciones de NPS en el tejido de la hoja emergida más joven (HEJ), fueron similares a los encontrados en la literatura (Grundon, 1990), considerando algunos factores de manejo del experimento.

Los análisis estadísticos indican diferencias significativas en la absorción de N entre las plantas con aplicacion y sin aplicación de N; y aparentemente existió una respuesta diferencial significativa en la absorción de N y P en ambos genotipos (Anexo 4).

C3.Absorción del Nitrógeno.

La concentración de N en HEJ fue significativamente diferente entre los tratamientos con aplicación y no aplicación de N en todas las fechas de muestreo, indicando que aumenta la concentración de N en HEJ a la aplicación de este elemento (Gráfica 1). La magnitud de la diferencia en concentración a los 30 d fue del 10 por ciento, a los 60 d de 14 por ciento y a los 90 de 38 por ciento. Aparentemente, las plantas en N0 y N1 absorbieron N en los primeros 60 d de acuerdo con la disponibilidad de este elemento en el suelo. Por esta razón, las plantas en N1 acumular ony dispusieron de más N para la formación del grano, lo que eventualmente resultó en el llenado de un 32 por ciento más de granos/m² que las plantas en N0 (sin nitrógeno), a pesar de la falta de humedad después de los 58 dds. El análisis de correlación indica claramente que la disponibilidad de N en las hojas, entre los 60 y 90 días fue muy importante para determinar el rendimiento y el número de granos/m² ($r=0.66$ y 0.73 respectivamente).

En las tres diferentes fechas de muestreo, la concentración de N en ambos genotipos fue significativamente diferente a niveles de probabilidades aceptables

(Cuadro 5). A los 30 d $P=0.07$, a los 60 d $P=0.05$ y a los 90 d $P=0.11$ niveles de probabilidad, indicando una tendencia diferencial en la concentración de N en H1105 y DK64. En los primeros 30 d, H1105 había absorbido 0.14% más nitrógeno en el híbrido DK64 (3.21 vs. 3.07%). Sin embargo, en la etapa reproductiva (30 a 60 dds) esta diferencia fue similar pero a la inversa. H1105 mostró concentraciones de N de 0.13 % inferiores a DK64 (2.89 y 3.02 % respectivamente), La concentración de N permanente en el follaje a los 90 días, también fue 0.37 % mayor en DK64 que en H1105. Estas diferencias sugieren que hubo una mayor translocación de N en H1105, hacia diferentes partes de las estructuras reproductivas, ya que ambos genotipos tuvieron un rendimiento similar, y más aún, H1105 rindió 800 granos/ha⁻¹ menos que DK64. Una posible explicación de la baja concentración de N en HEJ, puede ser que esta hoja aporte cantidades significativas de N, en contraste con las hojas inferiores, considerando que H1105 posee la característica de senilidad retardada (stay green) y un alelo dominante más para altura, al contrario de DK64.

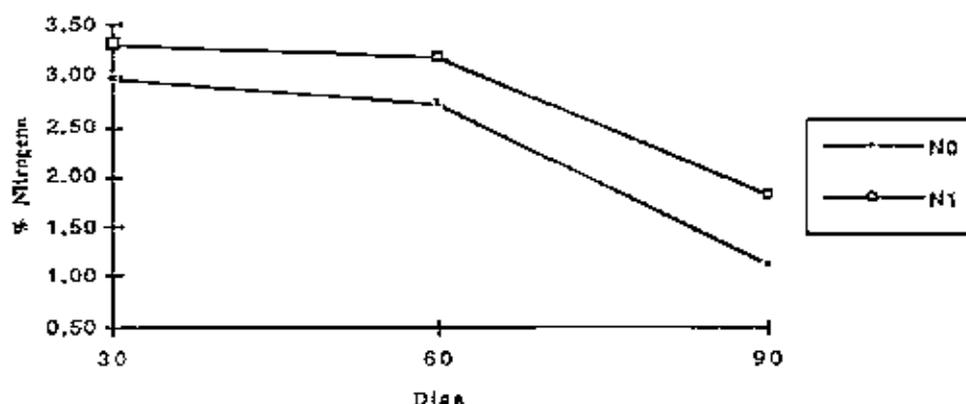


Figura 1 Absorción de dos niveles de nitrógeno, en tres diferentes etapas de desarrollo del cultivo del sorgo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, 1993.

Absorción de Fósforo.

En general, las concentraciones de P en HEJ fueron menores que las encontradas por Grandón, *et al.*, (1987). Las concentraciones de P a los 30 d para cada fuente de variación, fueron estadísticamente similares, excepto para la interacción genotipo x nitrógeno (Cuadro 5). DK64 pudo absorber más P a niveles bajos de N (N0), mientras que H1105 absorbió la misma cantidad en ambos niveles de N. Algo interesante es que DK64, significativamente tuvo mayor absorción de P en N0 de nitrógeno que H1105. Posiblemente porque en experimentos anteriores se ha observado que DK64 posee una tasa de crecimiento más rápido en los primeros 30 dds.

Cuando las plantas alcanzaron los 60 días, la absorción de fósforo mostró diferencias significativas pero solamente entre genotipos ($P=0.003$). El híbrido H1105 tuvo mayor concentración de P (0.335 %) que DK-64 (0.313 %), (Cuadro 5). Estos resultados indican que el maicillo híbrido H1105 es más eficiente que el híbrido convencional DK-64 en la absorción de fósforo, por lo que posee la capacidad de extraer mejor este nutrimento bajo condiciones deficientes en el suelo (Grafica 2).

Cuadro 5. Promedios de absorción de nitrógeno, fósforo y azufre, de dos genotipos de sorgo, bajo dos niveles de nitrógeno y dos niveles de azufre, en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, 1992.

	Nitrógeno			Fósforo			Azufre		
		%		%		%			
	30†	60	90	30	60	90	30	60	90
Genotipos									
DK-64	3.07 a‡	3.02 a	1.66 a	0.302 a	0.313 b	0.142 a	0.020 a	0.017 a	0.014 a
H-1105	3.21 a	2.89 a	1.29 a	0.300 a	0.335 a	0.095 b	0.020 a	0.017 a	0.018 a
Niveles de Nitrógeno									
N 0	2.97 b	2.73 b	1.13 b	0.306 a	0.321 a	0.123 a	0.019 a	0.015 b	0.017 a
N 186	3.31 a	3.18 a	1.81 a	0.296 a	0.327 a	0.114 a	0.021 a	0.018 a	0.014 a
Niveles de Azufre									
S 0	3.16 a	2.96 a	1.59 a	0.304 a	0.327 a	0.120 a	0.019 a	0.017 a	0.018 a
S 80	3.13 a	2.94 a	1.35 a	0.297 a	0.321 a	0.117 a	0.021 a	0.017 a	0.013 a
Concentraciones comparativas §	4.05	2.50		0.480	0.375		0.022	0.018	

† Etapas de muestreo, 30, 60 y 90 días.

‡ Las medias seguidas por las mismas letras no son significativas al 0.05 % nivel de probabilidad, según la prueba LSD.

§ Concentraciones promedio obtenidas en análisis foliares por Grondon *et al.*, (1987).

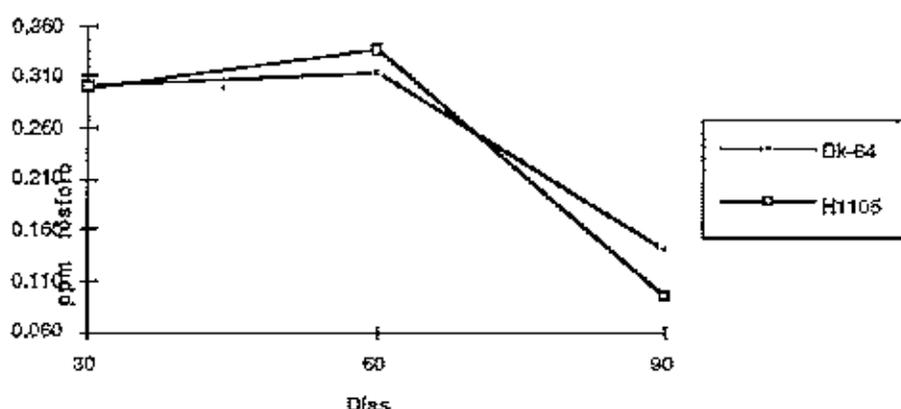


Figura 2. Absorción de fósforo por dos genotipos (DK-64 y H-1105), en tres diferentes etapas de desarrollo del cultivo del sorgo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, 1993.

A la madurez fisiológica (90 d) las concentraciones de fósforo en ambos genotipos tuvieron un patrón similar al de N. H1105 translocó significativamente más P que DK64 (0.095 vs. 0.142 %) a los vertederos importantes, pero con los mismos resultados sobre el rendimiento que N y posiblemente por las mismas causas. Granados 1992, encontró este mismo comportamiento con este mismo maicillo híbrido, corroborando que son más eficientes en la absorción de fósforo que los híbridos convencionales.

Absorción de Azufre.

El patrón de absorción de S en este experimento fue similar a lo encontrado por Grundon, *et al.*, (1987), aún con las restricciones de humedad ya anotadas anteriormente. Tanto a los 30 d como a los 60 d, se detectó una respuesta significativa en la concentración de S cuando se aplicó nitrógeno. A los 30 d las plantas en las parcelas con N mostraron diferencias significativas en la concentración de S (N0= 0.021 vs. N1= 0.019 %), obteniendo mayores

concentraciones de S en los tratamientos con N, con un nivel de probabilidad respetable ($P=0.07$). A los 60 días, esta diferencia fue significativamente más importante ($P=0.001$) pero la magnitud de la diferencia fue similar (0.018 vs. 0.015 %). La concentración de S en HEJ a la madurez fisiológica fue similar en ambos niveles de N.

Una vez más, se determinó una respuesta diferencial (interacción) en la eficiencia de absorción de S por el maicillo híbrido. A los 60 d DK64 mostró una concentración significativamente menor que H1105 (0.014 vs. 0.016 %) en respuesta a la aplicación de 80 kg ha^{-1} de S. Esto podría indicar que DK64 comenzó a exportar fotosintatos (Aminoácidos) más rápidamente que H1105 para la formación de proteínas. También podría ser que el período de absorción de S por H1105 fue más prolongado que el de DK64. Sin embargo, esta eficiencia en absorción de S por H1105, no afectó la respuesta en rendimiento de grano ni materia seca.

Estudios similares muestran que las aplicaciones de N y S juntos (interacción), producen un efecto sinérgico, es decir, que su acción conjunta resulta en un mejor aprovechamiento de ambos elementos (Kanwar y Mudahar, 1986). En este caso, la absorción de azufre fue determinada únicamente por el efecto del nitrógeno, y por el efecto interacción del genotipo x azufre y no por la aplicación de S directamente.

Con respecto a las concentraciones de azufre en la etapa de madurez fisiológica, no se encontraron diferencias significativas, ya que en este período (90 d) la síntesis de proteína por la planta ha cesado, por lo que ha disminuido la absorción de azufre considerablemente.

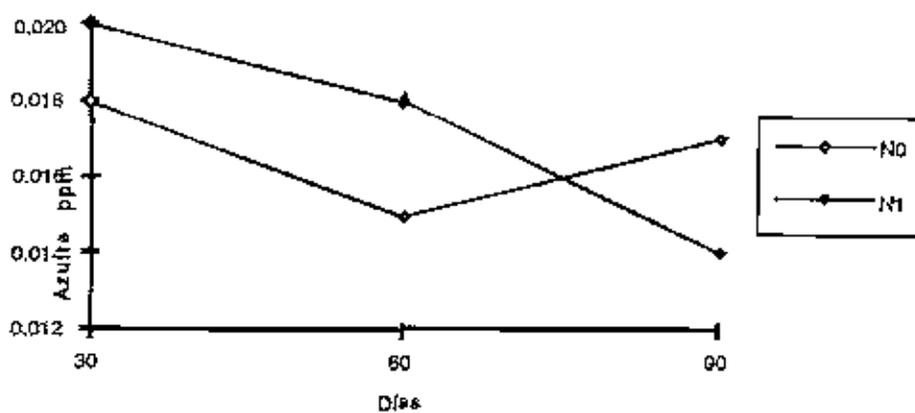


Figura 3 Absorción de azufre a dos niveles de nitrógeno, en tres diferentes etapas de desarrollo del cultivo del sorgo en la Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano, 1993.

CONCLUSIONES

Los resultados de este experimento muestran que:

1. El sorgo híbrido convencional DK-64 y el maicillo híbrido H1105, bajo las condiciones climáticas y de manejo no respondieron con mayor rendimiento de grano al aplicar N y S.
2. El maicillo híbrido H1105 presentó niveles más altos de absorción de N y S a los 60 días después de la siembra.
3. La aplicación de N en ambos genotipos aumentó el rendimiento de grano y biomasa, y favoreció la absorción de nitrógeno.
4. El agua de riego utilizada en el experimento contenía cantidades importantes de azufre.

BIBLIOTECA WILSON POPENOE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
APARTADO 88
TEGUCIGALPA HONDURAS

RECOMENDACIONES

Basados en las conclusiones anteriores, recomendamos lo siguiente:

1. Utilizar una fertilización adecuada de N en el sorgo para promover una mejor absorción de S antes de la etapa reproductiva.
2. Determinar en forma rutinaria, las cantidades de S en el suelo previo a la siembra de sorgo para aplicar en cantidades de S necesarias en las diferentes áreas de la EAP.
3. Monitorear las aguas de riego provenientes de las lagunas de oxidación, las cuales pueden contener cantidades considerables de S.

BIBLIOGRAFIA

- ADAMS, M.W.; GRAFTUS, J.E. 1991. Yield components compensation alternative interpretations. *Crop Science*(EE.UU.) 11(6): 33-35.
- ALLAWAY, W.H.; THOMSON, J.F. 1966. Sulphur in the nutrition of plants and animals. *Soil Science*(EE.UU.) 101: 240-247.
- BENNETT, W.F.; TUCKER, B.B.; MAUNDER, A.B. 1990. Modern grain sorghum production. Iowa, EE.UU., State University Press. p. 82-86.
- BLAIR, G. J. 1979. Sulfur in the tropics. *IFDC Technical Bulletin*.(EE.UU.) 12(4): 60-69p.
- BORNEMISZA, E. 1990. Problemas del azufre en suelos y cultivos de Mesoamérica. San José, Costa Rica, Editorial de la Universidad de Costa Rica. 124 p.
- CLARK, R. B.; GOURLEY, L.M. 1987. Leaf position and genotype differences for mineral element concentrations in sorghum grown on tropical acid soil, *Journal of Plant Nutrition* 10: 921-935.
- COMPTON, L.P. 1990. Agronomía del sorgo; Crecimiento y desarrollo. Trad. Ma Guadalupe López Abdelrague. Hyderabad, India, Instituto Internacional para el Mejoramiento en Cultivos para los Trópicos Semi-Aridos. p. 24-32.
- CRISTIANI, A. J. 1987. Instructivo cultivo de sorgo. Guatemala, Guatemala, Cristiani Burkard S.A. Guatemala C.A. p. 2-5.
- DAS, S.K.; DATTA, N.P. 1973. Sulphur in Indian agriculture. New Delhi, Indian, Indian Soc. Soil Sci. 18 (9) : 3-10.
- DIAZ, J. 1989. Estudio de suelos a semidetalle del Valle del Zamorano. Secretaria de Planificación, coordinación y presupuesto. Dirección ejecutiva de catastro, Tegucigalpa, D.C. Honduras. 106 p.

- DIAZ, R.R.; HUNTER, A. 1978. Metodología de muestreo de suelos, análisis químicos de suelos y tejido vegetal de investigaciones en invernadero. CATIE, Turrialba, Costa Rica. p. 8-28.
- DOGGETT, H. 1988. Sorghum. 2a Ed. Longman, England, s.n.t. 342p.
- DUKE, S.H.; REISENAUER, H.M. 1986. Roles and requirements of sulfur in plant nutrition. In: Sulfur in agriculture. Trad. M.A. Tabaitabai. Madison, EE.UU., ASA Agronomy, EE.UU., v.27, p. 123-168.
- GARDNER, F.P.; PEARCE, R.B.; MITCHELL, R.L. 1985. Physiology of crop plants. Iowa, EE.UU., Iowa University Press, Ames, IW. p.197.
- GRAFIUS, J.E. 1959. Heterosis in barley. Agronomy Journal(EE.UU.) 51: 551-555.
- GRANADOS, M.A. 1992. Crecimiento y absorción de NPK en dos híbridos de sorgo granífero bajo tres densidades. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Honduras., Escuela Agrícola Panamericana. 11p.
- GRUNDON, N.J.; EDWARDS, D.G.; TAKKAR, P.N.; ASCHER, C.J.; CLARK, R.B. 1987. Nutritional disorders of grain sorghum. Sidney, Australian Center for Internacional Agricultural Research. p. 64-65.
- HOUSE, L. 1985. A guide to sorghum breeding. 2nd. ed. India, ICRISAT, India. 139 p.
- HUE, N.V.; COPE, J.T., JR. 1987. Use of soil-profile sulfate data for predicting crop response to sulphur. Soil Science Society of America Journal (EE.UU.) 51: 658-664.
- KANWAR, J.S.; MUDAHAR, M.S. 1986. Fertilizer sulfur and food production. ed M. Nijhoff/Dr. W. Junk Publ. Dordrecht, Holland. 247 p.
- MECKENSTOCK, D.H.; WALL, G.C.; NOLASCO, R. 1985. Aspectos de mejoramiento genético en la investigación sobre sistemas de cultivos en Honduras. En C.L. Paul y B.R. DeWalt (ed). El sorgo en sistemas de producción en América Latina. Proc. Taller INTSORMIL, ICRISAT y

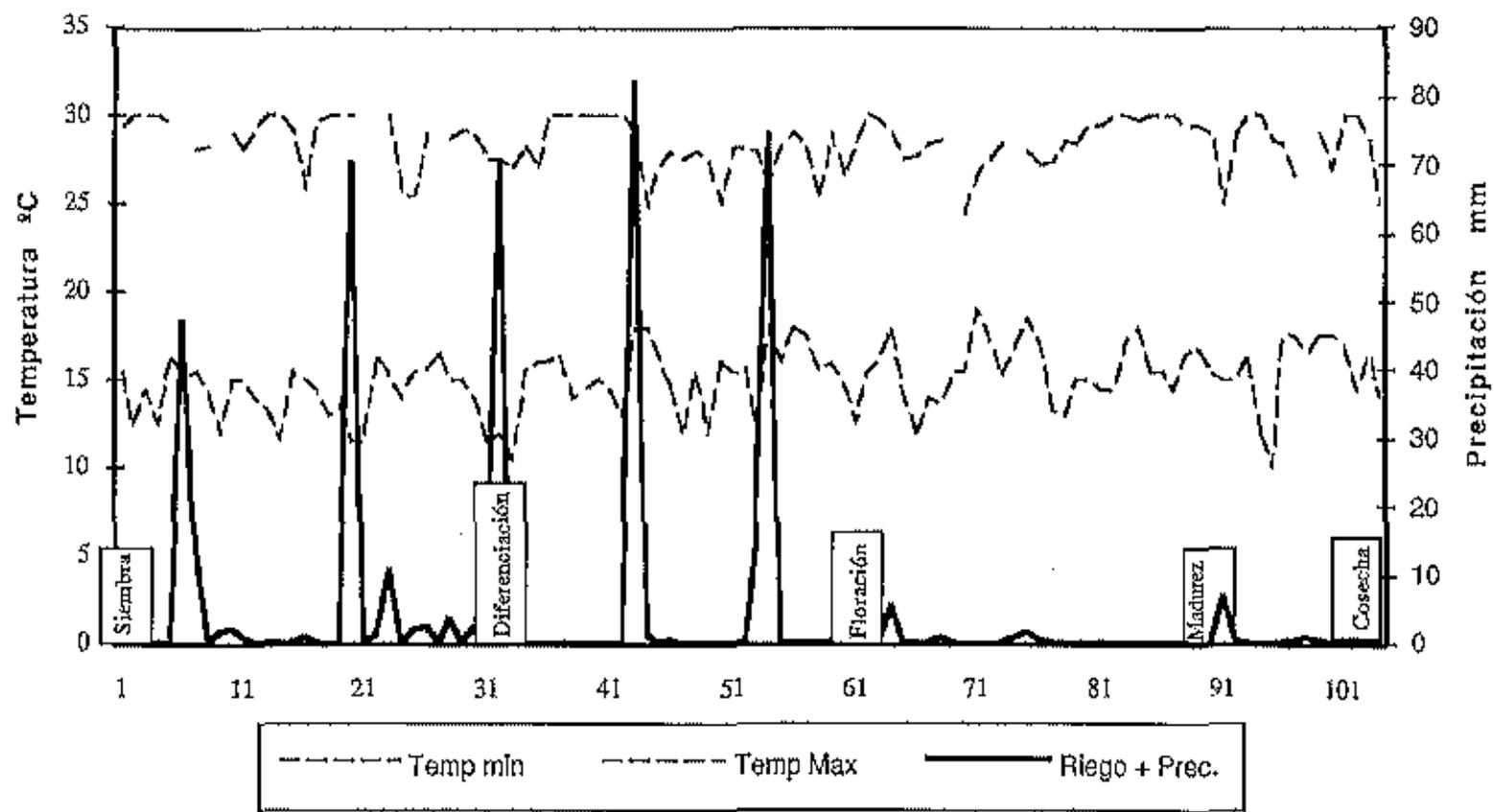
- FSSP, El Batán, México. p. 16-22. Sept. 1984. INTSORMIL, El Batán, México. p. 16-22.
- MARTIN, F.W. 1985. Sorghum In: CRC Handbook of tropical food crops. Ohio, EE.UU., s.n.t. s.p.
- MORRIS, R.J. 1987. The importance and need for sulphur in crop production in Asia and the pacific region. In: Proceedings, symposium on fertilizer sulphur requirements and sources in developing countries in Asia and the pacific. Bangkok, Thailand. FADINAP-FAO-Sulphur Institute, Thailand. p. 57-66.
- LEARY, M.J.; REHM, G.W. 1990. Nitrogen and sulfur effects on the yield and quality of corn grown for grain and silage. Journal Production Agriculture. Madison, EEUU. 4 (4) : 135-140.
- LEHR, P.E.; BURNETT, R.W.; ZIM, H.S. 1975. Weather. Racine, Wisconsin. Western Publishing Company, Inc. Racine, Wisconsin. 48-59 p.
- PAO, C.I.; MORGAN, P.G. 1986. Genetic regulation of development in *Sorghum bicolor*: II. Effect of the *ma3*¹ allele mimicked by GA3. Plant Physiology(EE.UU.) 82: 581-584.
- PEACOCK, J.M.; WILSON, J.L. 1984. Sorghum. p. 249-269. En P. R. Goldworthy y N. M. Fisher (ed). The physiology of tropical field crops. Wiley and Sons, N.Y.
- PURSEGLOVE, J.W. 1972. Tropical crops; Monocotyledons. Longman, England, s.n.t. p. 259-286.
- QUINBY, J.R. 1974. Sorghum improvement and the genetics of growth. Texas, EE.UU., Texas AannM Press, College Station, s.p..
- SANCHEZ, P. 1981. Características y manejo en suelos del trópico. San José, Costa Rica, IICA. p. 291-293.
- SCHMITT, M.A.; BECK, R.H. 1991. The effect of urea application on grain yield of three corn hybrids. Journal Production Agriculture. Madison, EEUU. 4 (4) : 546-550.

- SORRELLS, M.E.; MYERS, O. 1982. Duration of developmental stages of 10 milo maturity genotypes. *Crop Science*(EE.UU.) 22: 310-314.
- THE SULPHUR INSTITUTE. 1968. Washington, D.C. U.S.A. 29 p.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. 1975. Soil fertility and fertilizers. 3^{ra} ed. Macmillan Publishing Co., Inc. New York, EEUU. 673 p.
- TRZCINSKI, T.; FERAUGE, M. 1964. Acidifying effect of sulphur on a Chalky Soil. *Bull. Inst. Sta. Rech. Gembloux* 32 (2) 256-269.
- VANDERLIP, R.L. 1979. How a Sorghum Plant Develops. Department of Agronomy, Kansas Agricultural Experiment Station. Manhattan, EEUU. 19 p.

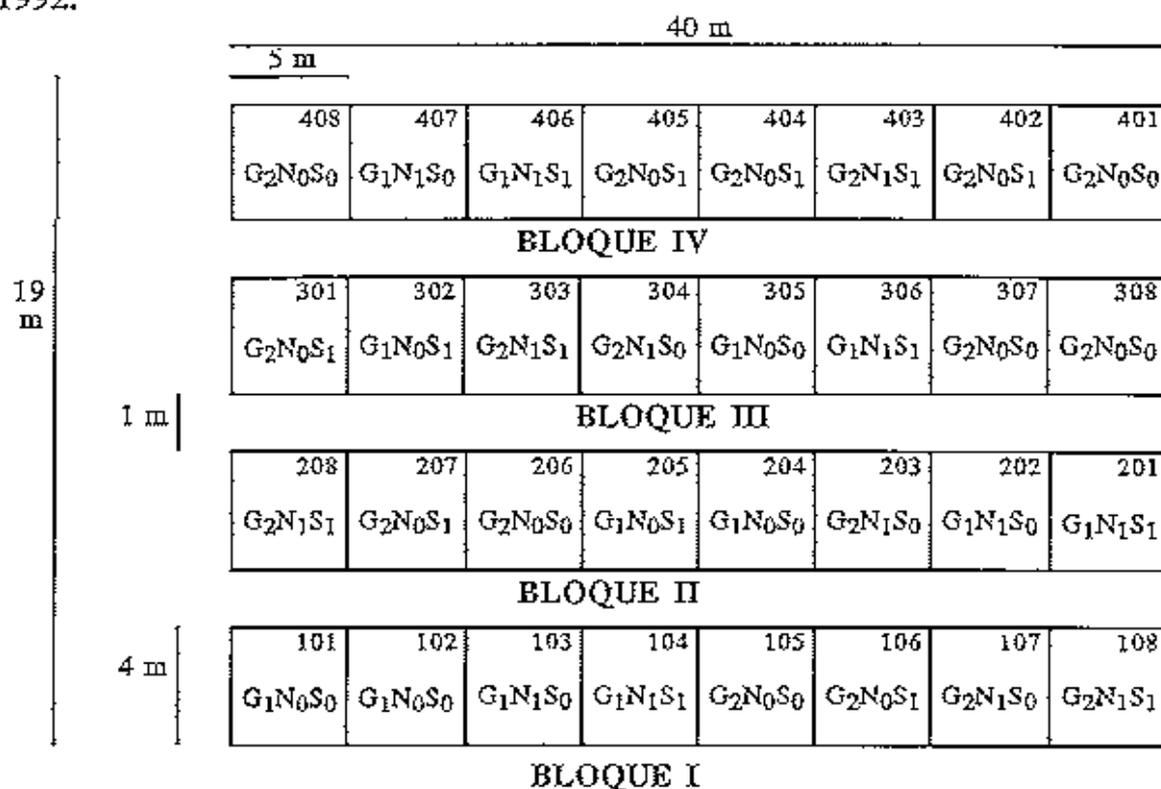
ANEXOS

.

Anexo 1. Condiciones climatológicas en el valle del Zamorano, durante el ciclo de cultivo del experimento sembrado el 16 de octubre de 1992 y cosechado el 18 de enero de 1993.



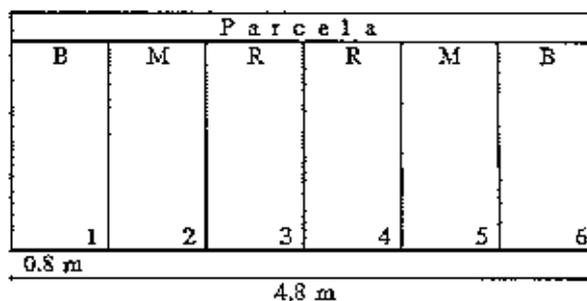
Anexo 2. Disposición de tratamientos en el ensayo. Los Mingos, lote #3, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, sembrados el 16 de octubre de 1992.



Tratamientos.	Genotipos	Nitrógeno	Azufre
1	G1= DK-64	N0= 0 kg de nitrógeno	S0= 0 kg de azufre
2	G2= H1105	N0= 0 kg de nitrógeno	S0= 0 kg de azufre
3	G1= DK-64	N0= 0 kg de nitrógeno	S1=80 kg de azufre
4	G2= H1105	N0= 0 kg de nitrógeno	S1=80 kg de azufre
5	G1= DK-64	N1= 180 kg de nitrógeno	S0= 0 kg de azufre
6	G2= H1105	N1= 180 kg de nitrógeno	S0= 0 kg de azufre
7	G1= DK-64	N1= 180 kg de nitrógeno	S1=80 kg de azufre
8	G2= H1105	N1= 180 kg de nitrógeno	S1=80 kg de azufre

Parcelas
 6 surcos
 5 m de longitud
 0.8 m entre surcos

B = Surco de borde
 R = Surco de rendimiento
 M = Surco de muestreo



Anexo 3. Análisis de varianza de los componentes de rendimiento de grano y materia seca, en dos genotipos de sorgo, bajo dos niveles de nitrógeno y dos niveles de azufre, en la EAP, El Zamorano.

Fuente de Variación	DF	No semilla		Días a		
		Grano - t ha ⁻¹ -	/m ² - n -	floración - d -	Altura - m -	Materia seca - t ha ⁻¹ -
G	1	NS	NS	0.097	0.0001**	NS
NN	1	0.0002**	0.0001*	0.0013**	NS	0.0001**
G*NN	1	NS	NS	NS	NS	NS
S	1	NS	NS	NS	NS	NS
G*S	1	NS	NS	NS	NS	0.046*
NN*S	1	NS	NS	NS	NS	NS
G*NN*S	1	NS	NS	NS	NS	NS

Donde; Genotipo=G, Nitrógeno=NN, Azufre=S.

* significativo al 0.05 nivel de probabilidad.

** significativo al 0.01 nivel de probabilidad.

NS No significativo al 0.10 nivel de probabilidad.

Anexo 4. Análisis de varianza de los niveles de absorción de nitrógeno, fósforo y azufre., en dos genotipos de sorgo, bajo dos niveles de nitrógeno y dos niveles de azufre, en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, 1992.

	D.F	Nitrógeno			Fósforo			Azufre		
		30	60	90	30	60	90	30	60	90
G	1	0.070†	0.048*	NS	NS	0.0031*	0.0001**	NS	NS	NS
NN	1	0.0001**	0.0001**	0.054*	NS	NS	NS	0.071†	0.0001**	NS
G*NN	1	NS	NS	NS	0.046*	NS	NS	NS	NS	NS
S	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
G*S	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	0.058*	NS
NN*S	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
G*NN*S	1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

Donde Genotipo=G, Nitrógeno=NN, Azufre=S.

* significativo al 0.05 nivel de probabilidad.

** significativo al 0.01, nivel de probabilidad.

† significativo al 0.10 nivel de probabilidad.

NS No significativo al 0.10 nivel de probabilidad.

Anexo 5 Correlaciones más importantes entre los componentes de rendimiento en el estudio de sorgo en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, 1992.

Variabtes	Correlación (r)	Probabilidad
Rendimiento vrs Ngm ²	0.97	0.0001**
Rendimiento vrs PG	0.07	0.79
Ngm ² vrs PG	-0.17	0.51

Donde Ngm²= número de granos por metro cuadrado

PG= peso de granos

(r) Coeficientes de correlación de Pearson

** significativo al 0.01 nivel de probabilidad

Anexo 6. Correlaciones más importantes entre los componentes de rendimientos y concentración de nitrógeno en tres etapas de muestreo (30, 60 90 d), en el estudio de sorgo en la Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, 1992.

Variables	Correlación (r)	Probabilidad
N30d vrs. Rendimiento	0.38	0.03*
N30d vrs. Ngm ²	0.42	0.01*
N30d vrs. PG	-0.39	0.02*
N60d vrs. Rendimiento	0.44	0.01*
N60d vrs. Ngm ²	0.44	0.01*
N60d vrs. PG	-0.10	0.57
N90d vrs. Rendimiento	0.66	0.0001**
N90d vrs. Ngm ²	0.73	0.0001**
N90d vrs. PG	-0.34	0.05*

N = Concentraciones de nitrógeno a los 30, 60 y 90 días

Ngm²= número de granos por metro cuadrado.

PG= peso de granos

(r)..Coeficientes de correlación de Pearson.

* significativo al 0.05 nivel de probabilidad.

** significativo al 0.01 nivel de probabilidad.

DATOS BIOGRAFICOS

Nombre: José Enrique Guillén
Fecha de Nacimiento: Febrero 14, 1965.
Lugar de Nacimiento: Tegucigalpa, Honduras.
Estado Civil: Casado.
Dirección: Barrio las Flores, Danlí El Paraíso,
Honduras

EDUCACION:

Agrónomo	Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras	1985
Secundaria	Instituto Salesiano San Miguel, Tegucigalpa, Honduras	1982
Bachiller	Honduras	
Primaria	Escuela Luis Gamero, Danlí, Honduras	1977