

*Ag...*

EVALUACION DEL EFECTO DE DOSIS DE  
NITROGENO UTILIZANDO UREA Y SULFATO DE  
AMONIO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL MAIZ EN  
EL ZAMORANO, HONDURAS

BIBLIOTECA WILSON POPENDE  
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
APARTADO 22  
TEGUCIGALPA, HONDURAS

Por  
Julio Batres Laitano.

TITULO: 6069
FECHA: 8-10-93
ENTREGA: Batres Laitano

Tesis presentada  
como requisito previo a la  
obtención del título  
de Ingeniero Agrónomo

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

Abril - 1988

EVALUACION DEL EFECTO DE DOSIS DE  
NITROGENO UTILIZANDO UREA Y SULFATO DE  
AMONIO SOBRE EL RENDIMIENTO DEL MAIZ EN  
EL ZAMORANO, HONDURAS

Por  
Julio Batres Laitano.

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



Julio Batres Laitano.

Abril - 1988

BIBLIOTECA WILSON POPENOE  
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
PARTADO 83  
TEGUCIGALPA HONDURAS

DEDICATORIA

A mi Madre:

Emma de Batres con todo mi amor, por brindarme siempre su ayuda en todos los momentos difíciles.

A mis hermanos:

Lilly, Yolanda, Santiago, Alejandro y especialmente a Reinamaria por brindarme su apoyo.

A mi Patria Honduras.

## AGRADECIMIENTO

Agradezco al Dr. Leonardo Corral y al Dr. Juan José Alán por la ayuda que me ofrecieron en el desarrollo de mi trabajo. Agradezco asimismo a todo el personal que labora en el Departamento de Agronomía, especialmente a la Sra. Isbela de Alvarez. También, les doy gracias a mis amigos David Moreira, Rogelio Trabanino y Sidney López.

## TABLA DE CONTENIDO

Título .....	1
Derechos de autor .....	ii
Aprobación .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Agradecimiento .....	v
Tabla de contenido .....	vi
Índice de cuadros .....	vii
Introducción .....	1
Revisión de literatura .....	3
Materiales y métodos .....	16
Resultados y discusión .....	22
Conclusiones .....	35
Recomendaciones .....	36
Resumen .....	37
Literatura citada .....	40

## INDICE DE CUADROS

- Cuadro 1. Características físicas, químicas y agronómicas del sulfato de amonio y de la urea ..... 14
- Cuadro 2. Coeficientes de las comparaciones ortogonales efectuadas en la evaluación del efecto de dosis de nitrógeno en el rendimiento de maíz. El Zamorano, Honduras, 1987. .... 21
- Cuadro 3. Cuadrados medios para las variables altura de planta y altura de la primera mazorca. El Zamorano, 1987. .... 23
- Cuadro 4. Medias para la altura de planta, altura de mazorca y efectos significativos para los contrastes realizados. El Zamorano, 1987. ... 25
- Cuadro 5. Cuadrados medios para las variables número de plantas cosechadas, número de mazorcas cosechadas y rendimiento de maíz. El Zamorano, 1985 ..... 28
- Cuadro 6. Medias para el número de plantas cosechadas, número de mazorcas cosechadas, rendimiento y efectos significativos de los contrastes realizados. El Zamorano, 1987. .... 30

## I. INTRODUCCION

La investigación agronómica tiene como objetivo principal identificar problemas que afectan la producción agrícola. Debido a la falta de alimentos y al alto costo de los insumos utilizados en el proceso de producción, es imperativo contar con una tecnología eficiente que sirva al productor de granos básicos. Probablemente, el factor más estudiado desde el punto de vista agronómico, es la fertilización nitrogenada. Sin embargo, se siguen efectuando más y más estudios sobre fertilización nitrogenada en maíz. Sencillamente, se debe a que la respuesta del maíz a las aplicaciones nitrogenadas varía no sólo con el clima y el suelo, sino también con el nivel de tecnología utilizado. La introducción de un híbrido con mayor potencial de rendimiento, un combate más eficaz de malezas e insectos, o el uso de otras prácticas agronómicas mejoradas, se reflejan en diferentes respuestas a la aplicación de nitrógeno.

Sin embargo, es importante contar con datos que proporcionen una pauta para la fertilización en maíz. Aún si se suple todo el nitrógeno para obtener un alto rendimiento no se deben descuidar otros factores que podrían limitar la producción y al mismo tiempo aumentar los costos.

Otro factor limitante en la producción de maíz es la disponibilidad de azufre. En general, los suelos de Centroamérica y, en especial los de Honduras, muestran deficiencias de este elemento esencial. Sin embargo, su interacción con el nitrógeno y su efecto sobre los cultivos en suelos tropicales con varios grados de acidez, no han sido suficientemente estudiados.

Por lo indicado, los objetivos de este trabajo de investigación fueron:

- 1.- Conocer niveles de nitrógeno que proporcionen una producción adecuada en el cultivo de maíz.
- 2.- Obtener datos con los cuales podamos observar la respuesta a la adición de azufre en el cultivo de maíz.
- 3.- Hacer una comparación con dos fuentes de nitrógeno: urea y sulfato de amonio.

## II. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 El nitrógeno en el suelo.

En la mayoría de los suelos cultivados la capa arable contiene de 0.2 a 0.4% de nitrógeno. La cantidad de nitrógeno está determinada por la influencia del clima y la vegetación. Esta, a su vez, es modificada por las condiciones topográficas, el material parental y la actividad del hombre, así como la duración de cada uno de estos períodos (Black, 1975).

El nitrógeno en el suelo es uno de los elementos más importantes utilizado por las plantas para su crecimiento; su importancia radica en que es un elemento que la planta necesita en cantidades apreciables y que forma parte de una serie de compuestos sintetizados por la planta. El nitrógeno, generalmente, es deficiente en muchos suelos y se pierde fácilmente por lixiviación u otros procesos (Perdomo, 1970).

Al nitrógeno elemental ( $N_2$ ) se lo encuentra en forma gaseosa en la atmósfera y disuelto en el agua del suelo, pero en esta forma no puede ser utilizado por las plantas que no estén asociadas con microorganismos fijadores de  $N_2$  (Black, 1975).

## 2.2 Nitrógeno en la planta.

El nitrógeno es, sin duda alguna, un elemento primario de vital importancia para la nutrición de las plantas (Aldrich y Leng, 1974). Un buen porcentaje del peso de las plantas está constituido por compuestos nitrogenados (Ballesteros, 1972). Tales compuestos son de naturaleza orgánica e inorgánica, estos últimos predominan en forma de proteínas, que después del agua son identificados como los constituyentes principales del protoplasma (Black, 1975). El nitrógeno es un constituyente de todo protoplasma, está presente en los pigmentos de las plantas, tales como la clorofila y otros. El nitrógeno del suelo es absorbido por las plantas en forma de iones nitrato y en menor escala, como iones amonio. Dentro de las plantas este nitrógeno es reducido y elaborado en compuestos más complejos y finalmente transformado en proteínas (Tiedale y Nelson, 1966).

## 2.3 Requerimientos de nitrógeno.

En el aire existen grandes cantidades de  $N_2$  pero éste no puede ser utilizado por el maíz. El nitrógeno asimilable por el maíz puede provenir de muchas fuentes, pero por tener mucha movilidad, se dificulta mediante análisis el conocer la cantidad de nitrógeno disponible en el suelo. El maíz absorbe casi todo el nitrógeno en forma de nitrato ( $NO_3^-$ ) pero este sólo puede almacenarse en pequeñas cantidades en

el suelo debido a la desnitrificación y a la lixiviación (Aldrich y Leng, 1974).

Según la absorción de nitrógeno por la planta de maíz, podemos distinguir tres fases: la primera va de la emergencia a un mes antes de la aparición de los estigmas, la segunda se desarrolla durante el mes anterior a la aparición de los estigmas y la tercera llega hasta la madurez fisiológica (Aldrich, 1965).

Durante la primera fase de absorción la planta extrae sólo el 8% de sus necesidades totales, pero la absorción aumenta paulatinamente. En la segunda fase alcanza un valor máximo durante el período de floración. El nitrógeno absorbido se encuentra más que todo en las hojas y alcanza su valor máximo al aparecer la inflorescencia masculina. Se llega al final de esta fase habiéndose extraído casi el 60% de las necesidades totales de nitrógeno. En la tercera fase la absorción continúa hasta completar el 100%, pero con una mayor distribución en el grano. También hay una traslocación del nitrógeno desde las hojas a las mazorcas (Aldrich, 1965).

En el maíz, la absorción de nitrógeno en las estructuras de la planta está íntimamente relacionada con las etapas de desarrollo (Gamboa, 1980). De acuerdo con Ritchie y Hanway (1984), cuando la planta de maíz ha llegado al estado V6, esto es, cuando presenta seis hojas completamente desarrolladas, la planta ha absorbido alrededor

del 5% del total del nitrógeno que absorberá en todo su ciclo de vida.

En el estado V12, el nitrógeno absorbido representa tan sólo un 22% del total. En una variedad o híbrido moderno, este estadio se alcanza entre los 35 y 45 días, dependiendo de las condiciones ambientales. Sin embargo, a partir de este estadio, e incluso antes (alrededor de V10) empieza un rápido desarrollo y consecuentemente las necesidades de agua y nutrimentos son mayores (Aldrich y Leng, 1974).

En el estadio V18, que se alcanza entre los 55 y 60 días, el nitrógeno tomado por la planta llega a un 60% del total. De esta cantidad, tres quintas partes se encuentran en las hojas y las vainas, una quinta parte en los tallos y lo demás en las estructuras florales y las brácteas protectoras.

A partir de V18, ocurren estadios muy significativos, como Vp (aparición de la panoja) y R1 (aparición de los estigmas) (Ritchie y Hanway, 1984). La polinización, fecundación y desarrollo embriológico del grano tiene lugar poco después de R1. La absorción de nitrógeno continúa, aunque la distribución de este elemento dentro de la planta cambia.

Entre los estadios R5 y R6 (formación del dentado del grano y madurez fisiológica, respectivamente) termina la absorción del nitrógeno del suelo. De este total, un 70% termina en la mazorca y lo demás en los tallos y hojas. Es

importante notar que a partir de R1 hasta R6 se presenta una traslocación de nitrógeno desde las hojas, los tallos, las brácteas y el raquis (olote) hacia la mazorca. Esto representa alrededor de un 37% del nitrógeno contenido en el grano.

La absorción y distribución del nitrógeno durante los diferentes estadios de desarrollo de la planta tiene implicaciones importantes en el manejo del cultivo.

#### 2.4. Azufre en el suelo.

El azufre en el suelo proviene, en parte, de restos orgánicos y por otra, de material inorgánico como yeso ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ ), sulfuro de hierro (pirita) y sulfatos de K, Na y Mg. El azufre es mineralizado por bacterias del suelo o por procesos puramente químicos (Rojas y Rovalo, 1985).

Las deficiencias de azufre son más frecuentes, debido a varias razones, entre las más importantes figuran la utilización de fertilizantes de alta graduación, prácticamente sin azufre, los materiales parentales bajos en este elemento y mayores rendimientos en los cultivos que requieren de más azufre, el que es extraído por las plantas pero generalmente no regresa al suelo.

En suelos de zonas húmedas, gran parte del azufre está asociado con la materia orgánica del suelo. Los sulfatos solubles raramente se acumulan debido a que se lixivian. En

cambio, los sulfatos salinos solubles, especialmente el yeso, se acumula en los suelos ácidos (The Sulphur Institute, 1968).

Los suelos bajos en materia orgánica, arenosos y en general de texturas livianas y con alta lixiviación, contienen poco azufre. En los suelos con alto contenido de materia orgánica, las deficiencias de azufre son menos frecuentes cuando se usa muy poco o nada de fertilizante. Sin embargo, la fertilización elevada de otros elementos, especialmente nitrógeno, puede traer como consecuencia deficiencia de azufre, porque la descomposición de la materia orgánica no es tan rápida para satisfacer las mayores necesidades de la planta en una agricultura muy intensiva (The Sulphur Institute, 1968).

### 2.5 Azufre en la planta.

El azufre forma parte de las proteínas ya que es constituyente de los aminoácidos cistina, cisteína y metionina. También forma los enlaces que hacen a la molécula proteica tener una forma determinada. El azufre se encuentra, además, en la coenzima A importante en el proceso de respiración (Rojas y Rovalo, 1985).

La deficiencia de azufre en las plantas se puede detectar por una decoloración verde pálida de la hoja y falta de crecimiento de la planta (Rojas y Rovalo, 1985).

El nivel de azufre en la hoja es alrededor de 0.24% y no existe correlación entre la relación concentración de nitrógeno sobre la concentración del azufre y el rendimiento (Olson y Lucas, 1966).

## 2.6 Requerimiento de Azufre.

Las plantas que padecen una grave deficiencia de azufre muestran síntomas muy característicos, al igual que con otros elementos nutritivos de las plantas, pero éstos no siempre son fácilmente distinguibles y pueden confundirse, en muchos casos con deficiencia de nitrógeno. Casos menos graves de deficiencia de azufre pueden pasar inadvertidos a menos que se hagan pruebas en el terreno con la adición de azufre y observar la respuesta del cultivo (The Sulphur Institute, 1968).

Los análisis de suelo en lo que a azufre se refiere, no proporcionan una indicación exacta de su disponibilidad, por esta razón, no siempre pueden servir como guía para hacer recomendaciones adecuadas sobre fertilización con azufre.

Los análisis de tejido a menudo proporcionan datos que reflejan si una planta está o no en condiciones de deficiencia de azufre. En maíz, además de los síntomas de achaparramiento, amarillamiento y reducción en la producción, los primeros síntomas de deficiencia pueden confundirse con deficiencias de hierro y zinc (The Sulphur Institute, 1968).

## 2.7 El azufre en los fertilizantes.

La importancia del azufre como nutrimento no ha sido debidamente percibida debido a la utilización de fertilizantes en los cuales se incorporaba azufre. Hasta hace muy poco tiempo, los fertilizantes comerciales eran a base de sulfato de amonio, superfosfato normal y cloruro de potasio que formaban en conjunto un fertilizante completo en términos de nitrógeno, fósforo y potasio (NPK). En estos compuestos existía un alto porcentaje de azufre. Aunque estos compuestos son excelentes fuentes de N y P y se usan en grandes cantidades, actualmente están siendo reemplazados por fertilizantes con mayor contenido de nitrógeno y fósforo y muy poco o nada de azufre. Frecuentemente, fertilizantes de elevada graduación están siendo utilizados en suelos donde anteriormente recibían poco o nada de fertilizante sin un suministro de azufre. Este se agota rápidamente, con efectos nocivos para los cultivos (The Sulphur Institute, 1968).

Debido al empleo de una fertilización más adecuada, mejoramiento genético y prácticas culturales los rendimientos en los cultivos han aumentando en todo el mundo. Esto significa que con cada cosecha extraemos del suelo mayor cantidad de elementos, incluyendo el azufre. Como ejemplo, en el grano de una producción de 3.5 t/ha de maíz están contenidos 45-55 kg de S, 500 kg de N, 65 kg de P (The Sulphur Institute, 1968).

Otras fuentes de azufre para las plantas, además del contenido en los fertilizantes y el procedente de la atmósfera son: 1) reservas de azufre en el suelo, 2) aguas de riego, 3) abonos de procedencia animal y 4) plaguicidas que contienen azufre. El abono de procedencia animal contiene cantidades variables de azufre y otros elementos nutritivos para la planta. Sin embargo, el suministro de azufre por parte del abono animal es insuficiente en una agricultura moderna e intensiva. En los plaguicidas actuales, no se utiliza tanta cantidad de azufre como anteriormente se hacía. La mayoría de plaguicidas orgánicos han sustituido las fórmulas a base de azufre, aportando cantidades muy pequeñas de este elemento (The Sulphur Institute, 1968)

## 2.8 Urea.

La urea pertenece al grupo de las amidas y posee un 46% de nitrógeno amoniacal, o más exactamente ureico. La urea se prepara en forma de perlitas de uno a dos milímetros. Cien kilogramos de urea ocupan un volumen de 136 a 146 litros, según el grado de apelmasamiento. Mientras la urea no se haya hidrolizado, baja a través del suelo como ion nitrato, y no es retenida por los coloides del suelo. Cuando está hidrolizada, se comporta como un abono amoniacal. Para la utilización de la urea por la planta se necesita de la acción previa de una diastasa microbiana: la ureasa. La urea

es aprovechable en casi todo tipo de suelo, exceptuando los muy ácidos por ser poco activos biológicamente (Gros, 1976)

### 2.9 Sulfato de Amonio.

Desde el punto de vista fisiológico, es interesante que la selectividad de la célula por ciertos iones causa una absorción más fácil del ion con N. Así, si se abona con sulfato de amonio, la planta toma mejor el ion  $\text{NH}_4^+$  y en el suelo queda  $\text{SO}_4^{--}$  que forma  $\text{H}_2\text{SO}_4$  bajando el pH (Garcidueñas y Rovalo, 1985).

En el caso de no aplicar cal, es preferible no usar el sulfato de amonio durante muchos años seguidos como única fuente de nitrógeno; tampoco es recomendable su uso en cultivos que no toleran bien la acidez (Collings, 1958).

Cuando aplicamos sulfato de amonio al suelo, los iones amonio procedentes del sulfato de amonio se transforman en ácido nítrico por la acción de las bacterias del suelo. El ion sulfato en sí no afecta la acidez del suelo, pero cuando dicho ion es lixiviado, es acompañado de cationes básicos, cuya pérdida trae como consecuencia un aumento en la acidez del terreno. Cuando el ion sulfato es absorbido por la raíz, puede disminuir indirectamente la acidez, debido a que ésta deja iones hidróxilos en libertad. Este fenómeno normalmente es poco importante debido a que la mayor parte de sulfato es lixiviado y el continuo empleo de sulfato de amonio causa casi siempre una disminución en el pH del suelo. En suelos

neutros a ácidos es necesario encalar para compensar esa disminución de pH. Es necesario un material con cal equivalente a 112 kg de carbonato de calcio para neutralizar la acidez producida por 100 kg de sulfato de amonio. Efectos similares son producidos por el hidrosulfato de amonio, el sulfonitrato de amonio y el fosfosulfato de amonio (The Sulphur Institute, 1968).

En el Cuadro 1 se presentan algunas características del sulfato de amonio y de la urea.

Las deficiencias de azufre pueden impedir que el cultivo aproveche eficientemente el N y el P disponible. Como regla general, la relación nitrógeno : azufre en el cultivo de maíz debe estar entre 10 y 12 partes de nitrógeno por una parte de azufre. El uso de una solución de nitrógeno y azufre como el producto Suran que contiene 28% de N y 4% de S ayuda a prevenir y corregir las deficiencias de azufre y mantener una relación nitrógeno: azufre adecuada (Agricultura de las Américas, 1984).

En un experimento se trató de determinar el porcentaje de nitrógeno en las hojas de maíz, como resultado de varias prácticas de cultivo. Cuando se aplicó urea sobre la superficie del suelo, se recuperó en las hojas únicamente el 18% de la cantidad aplicada; en un suelo con un pH de 5.2 el porcentaje de recuperación fue 30%. Cuando se aplicó sulfato de amonio en la superficie del suelo la recuperación fue de

**Cuadro 1. Características físicas, químicas y agronómicas del sulfato de amonio y de la urea (Aldrich y Leng, 1974)**

	Sulfato de Amonio		Urea	
% de N	20.5		46	
Fórmula Química	$(\text{NH}_4)_2 \text{SO}_4$		$\text{CO} (\text{NH}_2)_2$	
Estado Físico	"Pellets" secos o gránulos		Píldoras secas	
Método de Aplicación	Al voleo o aplicación lateral en cobertura. Puede dejarse sobre la superficie del suelo. También se utiliza en mezclas. cultivos.		Amplia variedad. Al voleo aplicación lateral en cobertura agregada a soluciones. Pulverización líquida en algunos cultivos.	
Reacciones en el suelo	El $\text{NH}_4$ se adhiere a la arcilla y la materia orgánica		El $\text{NH}_2$ en pocos días se transforma en $\text{NH}_3$ luego en $\text{NH}_4$ , y entonces se comporta igual a otras fuentes de amonio.	
Ventajas	Excelente condición. Posee un efecto acidificante muy útil en suelos alcalinos y provee azufre al suelo.		Tiene el mayor % de N de todos los fertilizantes secos, solubilidad alta. Después de transformado en $\text{NH}_4$ , no se lixivia.	
Desventajas	Análisis bajo. Costo mediano tiene el mayor efecto acidificante de todas las fuentes N lo cual significa unos centavos más por kg de N cuando se utiliza en suelos ácidos.		Es lixiviado por la lluvia ens seguida después de su aplicación, existe el riesgo de que se pierda $\text{NH}_3$ por volatilización.	
Efecto de la aplicación	Efecto inmediato a corto plazo. Ninguno.	Efecto a largo plazo fuertemente ácido.	Efecto inmediato a corto plazo. Levemente básico.	Efecto corto plazo moderadamente ácido.

80% en un suelo con un pH de 7.5 y de 67% de recuperación en un suelo con un pH de 5.2 (Terman y Hunt, 1964).

Experiencias realizadas en Nebraska (EE.UU.) han demostrado que cada vez son más frecuentemente identificadas las respuestas del maíz a la fertilización con azufre. Esta experiencia se llevó a cabo en un suelo arenoso con bajo contenido de materia orgánica. Todas las parcelas recibieron la misma cantidad de nitrógeno, fósforo y zinc. El suministro de azufre a razón de 11 kg/ha en forma de sulfato de amonio dio como resultado un aumento de producción de 25 kg/ha (Fox *et al.*, 1961).

El empleo de fertilizantes que contienen azufre ha aumentado la producción de cultivos de cereales y leguminosas en las cuatro provincias occidentales de Canadá. Dicho aumento ha llegado, en algunos casos, a ser del orden de 400 a 500%. Los aumentos de 75 a 100% son muy frecuentes. Otros beneficios encontrados al utilizar fertilizante con azufre son: mayor resistencia al frío en el invierno, resistencia a enfermedades y longevidad de las poblaciones de leguminosas forrajeras (The Sulphur Institute, 1968).

### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 Ubicación del ensayo.

El trabajo realizado se localizó en la terraza # 1 del Departamento de Agronomía en la Escuela Agrícola Panamericana, en el valle de El Zamorano. Este valle, cruzado por el Río Yeguaré, en el Departamento de Francisco Morazán se encuentra a 30 kilómetros al este de Tegucigalpa.

El predio se encuentra a una altitud de 805 msnm, y ubicado a 14°00' Latitud norte y 87°02' Longitud oeste.

La temperatura promedio anual es de 22° C. La precipitación registrada durante los meses de junio a octubre de 1987 fue de 760.6 mm, con una distribución adecuada de las lluvias.

Según la clasificación de zonas ecológicas el área del experimento se ubicó dentro de la zona de bosque seco tropical.

#### 3.2 Características del área experimental.

El suelo donde se realizó el ensayo tuvo las siguientes características:

Contenido de arena: 50 %

Contenido de limo: 26 %

Contenido de arcilla: 24 %

Textura: Franco arcillo arenoso

Nitrógeno:	0.2 %
Fósforo:	25 ppm
Potasio:	144 ppm
pH en KCl:	5.4
Materia orgánica:	3.26 %

Se presume que el contenido de azufre del área experimental fue bajo, por ser ésta una característica común de los suelos de la región y por no haberse usado fertilizante con este elemento en el pasado.

### 3.3 Materiales empleados.

Para la realización de este ensayo se utilizó el maíz híbrido H-27 liberado por la Secretaría de Recursos Naturales de Honduras. Este material ha presentado un buen comportamiento en pruebas locales, regionales e internacionales y se prevé un incremento de su cultivo en Honduras.

Para la fertilización se emplearon dos fertilizantes nitrogenados, urea (46% de N) y sulfato de amonio (21% de N y 24% de S).

Para la adición de fósforo se usó superfosfato triple (46% de óxido fosfórico)

### 3.4 Manejo del experimento.

La preparación del terreno consistió en una pasada de arado y dos pasadas de rastra, de acuerdo con el sistema tradicional utilizado en el área. El rayado de los surcos a una distancia de 0.8 m se efectuó una semana antes de la siembra. La siembra se realizó el 8 de junio de 1987. Se empleó semilla grande plana del híbrido H-27. Se sembró a una distancia de 0.25 m entre plantas y se colocaron tres semillas por postura. Se efectuó un raleo cuando las plantas tenían tres hojas completamente desarrolladas dejando una sola planta por postura. La población resultante fue de 50,000 plantas /ha.

El combate de insectos del suelo se hizo aplicando 13 kg/ha de Furadan 5 G (carbofuran) al momento de la siembra. Las cantidades iniciales de nitrógeno se colocaron al fondo del surco. Todas las parcelas recibieron el equivalente de 100 kg/ha de  $P_2O_5$ . Las dosis complementarias de nitrógeno, se aplicaron en bandas superficiales al lado de la hilera de plantas de maíz a los 25 y 55 días después de la siembra.

Las labores culturales realizadas fueron tres deshierbas: 15, 35 y 90 días después de la siembra. La primera y segunda deshierbas se realizaron con azadón; la tercera fue una limpieza de bordes con machete.

Se combatió el gusano cogollero (Spodoptera frugiperda) con una aplicación de 1.2 l/ha de MTD 600

(methamidophos) a los 26 días después de la siembra y con Lorsban 5 G (chlorpyrifos), 36 días después de la siembra utilizando 10 kg/ha de este producto.

La cosecha se realizó a mano el 19 de noviembre de 1987. Las mazorcas se colocaron al sol para bajar la humedad del grano a un 20%. Las mazorcas de cada parcela se desgranaron con una desgranadora manual y se tomó el peso total del grano obtenido de cada una. El peso del grano se corrigió al 14% de humedad.

### 3.5 Diseño experimental.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones y nueve tratamientos. Las parcelas constaron de cuatro surcos de 5 m de largo, separados a 0.80 m. El área total de cada parcela fue de 16 m<sup>2</sup>. Los datos se tomaron únicamente de los dos surcos centrales.

Los tratamientos fueron:

1: Testigo sin N

2: 50 kg/ha de N, urea

3: 100 kg/ha de N, urea

4: 150 kg/ha de N, urea

5: 200 kg/ha de N, urea

6: 50 kg/ha de N, sulfato de amonio

7: 100 kg/ha de N, sulfato de amonio

8: 150 kg/ha de N, sulfato de amonio

9:200 kg/ha de N, sulfato de amonio

En el análisis de varianza se incluyeron tres juegos de comparaciones ortogonales:

- a) Polinomio ortogonal para estudiar la respuesta al nitrógeno proveniente de la urea.
- b) Polinomio ortogonal para estudiar la respuesta al nitrógeno proveniente del sulfato de amonio.
- c) Comparaciones para estudiar el efecto general del nitrógeno en comparación con el testigo y el efecto del azufre con relación a los tratamientos sin ese elemento.

Los coeficientes de estas comparaciones se presentan en el Cuadro 2.

### 3.6 Datos tomados.

- 1.- Días a floración.
- 2.- Altura de planta.
- 3.- Altura de la primera mazorca.
- 4.- Número de plantas cosechadas.
- 5.- Número de mazorcas cosechadas.
- 6.- Kilogramos de maíz por parcela.
- 7.- Kilogramos de maíz por hectárea.

Cuadro 2. Coeficientes de las comparaciones ortogonales efectuadas en la evaluación del efecto de dosis de nitrógeno en el rendimiento de maíz. El Zamorano, Honduras, 1987.

Tratamientos	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>10</sub>
1 0 N.	-2	+2	-1	+1	-2	+2	-1	+1	+8	0
2 50 N.U.	-1	-1	+2	-4					-1	+1
3 100 N.U.	0	-2	0	+6					-1	+1
4 150 N.U.	+1	-1	-2	-4					-1	+1
5 200 N.U.	+2	+2	+1	+1					-1	+1
6 50 S.A.					-1	-1	+2	-4	-1	-1
7 100 S.A.					0	-2	0	+6	-1	-1
8 150 S.A.					+1	-1	-2	-4	-1	-1
9 200 S.A.					+2	+2	+1	+1	-1	-1

#### IV. RESULTADOS Y DISCUSION

##### Análisis de las características altura de planta y de mazorca

En el Cuadro 3 se presentan los cuadrados medios para las variables altura de planta y altura de primera mazorca. No se analizó la variable días a floración por cuanto todas las plantas del ensayo florecieron simultáneamente, con pequeñas variaciones. El número de días a la floración se estimó en 62 para todas las parcelas. Los coeficientes de variación que se observan en el Cuadro 3 son bajos y ofrecen confianza sobre los resultados obtenidos.

Para la variable altura de planta se detectaron respuestas lineales altamente significativas ( $P \leq 0.01$ ) tanto para el nitrógeno que tuvo como fuente urea como para el nitrógeno que tuvo como fuente sulfato de amonio. La comparación entre el testigo y los tratamientos que recibieron nitrógeno fue también altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ). Las otras respuestas no fueron significativas.

Para la variable altura de la primera mazorca se encontró una respuesta lineal significativa ( $P \leq 0.05$ ) para el nitrógeno proveniente de la urea. Igualmente, la comparación entre el testigo y todos los tratamientos con nitrógeno resultó significativa ( $P \leq 0.05$ ). Las demás

Cuadro 3. Cuadrados medios para las variables altura de planta y altura de la primera mazorca. El Zamorano, 1987.

Fuente de Variación	Grados de libertad	Cuadrados medios	
		Altura de planta	Altura de la 1 <sup>ra</sup> mazorca
Repeticiones	3	0.01 n.s	0.02 n.s
N lineal	1	0.44 **	0.14 *
N cuadrático	1	0.06 n.s	0.01 n.s
N cúbico	1	0.05 n.s	0.00 n.s
N cuártico	1	0.00 n.s	0.00 n.s
S lineal	1	0.66 **	0.07 n.s
S cuadrático	1	0.07 n.s	0.03 n.s
S cúbico	1	0.06 n.s	0.01 n.s
S cuártico	1	0.07 n.s	0.01 n.s
Testigo vs N	1	0.66 **	0.11 *
N (urea) vs N(SA)	1	0.07 n.s	0.00 n.s
Error	24	0.02	0.02
Coeficiente de variación		5.08 %	8.07 %

\* Significativo al 5% nivel de probabilidad.  
 \*\* Significativo al 1% nivel de probabilidad.  
 n.s. No significativo.

comparaciones no fueron estadísticamente significativas al nivel de probabilidad del 5% (Cuadro 3).

En el Cuadro 4 se presentan las medias de las características altura de planta y altura de mazorca, así como los efectos significativos para los contrastes realizados.

Por la información contenida en los Cuadros 3 y 4 está claro que al incrementar la dosis de nitrógeno, sean los tratamientos con urea o sulfato de amonio, la altura de planta aumenta linealmente. Los efectos lineales para el nitrógeno de urea y de sulfato de amonio fueron 0.105 m y 0.129 m, respectivamente. Los dos valores fueron altamente significativos ( $P \leq 0.01$ ). Este resultado no es sorprendente ya que el efecto del nitrógeno sobre el desarrollo vegetativo del maíz y de otras plantas es bien conocido. Sin embargo, sí sorprende que no haya indicios de una respuesta cuadrática que se esperaba se presente, especialmente con las dosis de 200 kg/ha de nitrógeno.

La similitud de las respuestas lineales, incluso con valores similares para los efectos lineales, entre el nitrógeno de la urea y el de sulfato de amonio, sugiere que al aplicar diferentes dosis de sulfato de amonio no hubo interacción entre el nitrógeno y el azufre. Esto es corroborado aún más al observar la ausencia de significación para altura de planta, del contraste entre el

Cuadro 4. Medias para altura de planta, altura de mazorca y efectos significativos para los contrastes realizados. El Zamorano, 1987.

<u>Tratamientos</u>	<u>Altura de Planta(m)</u>	<u>Altura Ira mazorca(m)</u>
1 0 N	2.67	1.49
2 50 N (Urea)	2.98	1.57
3 100 N (Urea)	3.05	1.65
4 150 N (Urea)	3.05	1.72
5 200 N (Urea)	3.16	1.71
6 50 N (S.A)	3.10	1.71
7 100 N (S.A)	3.03	1.66
8 150 N (S.A)	3.21	1.69
9 200 N (S.A)	3.26	1.69
<u>Efectos Significativos</u>		
N (Urea) Lineal	0.105 **	0.059 *
N (S.A) Lineal	0.129 **	-----
Testigo v.s N	0.048 **	0.020 *

S.A. Indica la fuente de nitrógeno como sulfato de amonio.

\* Significativo al 5% nivel de probabilidad.

\*\* Significativo al 1% nivel de probabilidad.

nitrógeno de urea y el nitrógeno de sulfato de amonio (Cuadro 3). Se puede indicar que el azufre no tuvo ningún efecto significativo sobre la altura de planta, con una probabilidad superior al 5%, en este ensayo.

La característica altura de la primera mazorca fue afectada significativamente por los tratamientos. Como esta característica tiene una correlación altamente significativa con la altura de la planta, se esperaban resultados similares a los descritos. El efecto lineal de el nitrógeno de urea fue igual a 0.059 m, valor significativo al 5% de probabilidad. Sin embargo, contrariamente a lo observado en el caso de altura de planta, el nitrógeno de sulfato de amonio no tuvo un efecto lineal sobre la altura de la primera mazorca. Este resultado puede atribuirse a una posible interacción entre el nitrógeno y el azufre del sulfato de amonio. Sin embargo, que estos elementos afecten a la altura de planta y no a la altura de la primera mazorca no tiene una explicación fácil. A pesar que la literatura consultada no informa sobre esto, se podría especular que de alguna forma el desarrollo de los entrenudos inferiores es afectado por el azufre. Un desarrollo diferencial de los entrenudos afectaría la altura de la mazorca sin afectar mayormente la altura de la planta.

Análisis de las características número de plantas, número de mazorcas y rendimiento.

En el Cuadro 5 se pueden observar los cuadrados medios encontrados a partir de los análisis de varianza, para las características número de plantas cosechadas por parcela, número de mazorcas y rendimiento. Los coeficientes de variación contenidos en el Cuadro 5 son bajos y brindan mejor confiabilidad en los resultados de este experimento.

En la variable número de plantas cosechadas por parcela se encontró una respuesta cuadrática estadísticamente significativa ( $P \leq 0.01$ ) para el nitrógeno del sulfato de amonio. La comparación entre el testigo sin nitrógeno y los tratamientos con nitrógeno resultó significativa al nivel de 5% de probabilidad.

Para la variable número de mazorcas se detectó una respuesta lineal del nitrógeno de urea y una respuesta cuadrática del nitrógeno del sulfato de amonio. Ambas respuestas fueron estadísticamente significativas ( $P \leq 0.05$ ). La comparación entre el testigo sin nitrógeno y los tratamientos con nitrógeno también fue significativa al nivel del 5% de probabilidad.

La variable rendimiento presentó una respuesta lineal significativa ( $P \leq 0.01$ ) al nitrógeno de urea y respuesta lineal y cuadrática significativas ( $P \leq 0.01$ ) al nitrógeno del sulfato de amonio. La comparación entre el testigo sin nitrógeno y los tratamientos con nitrógeno fue también

Cuadro 5. Cuadrados medios para las variables número de plantas cosechadas, número de mazorcas cosechadas y rendimiento de maíz. El Zamorano, 1987.

Cuadrados medios				
<u>Fuente de Variación</u>	<u>GL<sup>2</sup></u>	<u>Número de plantas cosechadas</u>	<u>Número de mazorcas cosechadas</u>	<u>Rendimiento</u>
Repetición	3	3.73 n.s	12.47 n.s	8.01 **
N lineal	1	4.40 n.s	70.22 *	39.62 **
N cuadrático	1	1.14 n.s	2.16 n.s	1.70 n.s
N cúbico	1	12.10 n.s	28.90 n.s	2.29 n.s
N cuártico	1	0.06 n.s	0.51 n.s	0.33 n.s
S lineal	1	1.22 n.s	22.50 n.s	32.12 **
S cuadrática	1	50.16 **	60.07 *	15.26 **
S cúbico	1	3.02 n.s	0.00 n.s	0.06 n.s
S cuártico	1	4.89 n.s	4.63 n.s	0.18 n.s
Testigo. vs N	1	30.68 *	65.17 *	40.02 **
N(urea)vs N(SA)	1	4.50 n.s	3.78 n.s	0.99 n.s
Error	24	6.46	10.26	0.63
Coeficiente de variación		7.62 %	9.34 %	13.83 %

- \* Significativo al 5% nivel de probabilidad.
- \*\* Significativo al 1% nivel de probabilidad.
- n.s. No significativo.
- <sup>2</sup> GL = grados de libertad.

altamente significativa ( $P \leq 0.01$ ).

En el Cuadro 6 se presentan las medias para las características número de plantas cosechadas por parcela, número de mazorcas y rendimiento en kilogramos por hectárea. También se presentan en el mismo cuadro los efectos de los contrastes que resultaron significativos.

El efecto de la comparación entre el testigo sin nitrógeno y los tratamientos con nitrógeno fue igual a 0.326 plantas, valor significativo al 5% de probabilidad. Los efectos de esta misma comparación para número de mazorcas y rendimiento fueron 0.476 mazorcas y 372.79 kg/ha, ambos valores significativos al nivel del 1% de probabilidad (Cuadro 6). Este resultado indica que el nitrógeno tuvo un efecto significativo e incrementó el número de plantas, el número de mazorcas y el rendimiento.

El efecto del nitrógeno sobre el número de plantas puede deberse a que al aplicar este elemento a la siembra y posteriormente, promovió el desarrollo de plantas más fuertes y vigorosas.

A pesar que se trató de tener un número igual de plantas por parcela, la plántulas de las parcela que no recibieron nitrógeno posiblemente se vieron más afectadas por ataque de insectos y patógenos. Esto pudo causar las diferencias observadas. El efecto del nitrógeno sobre el número de mazorcas puede explicarse en términos similares a los anteriores, gracias a la alta asociación entre las

Cuadro 6. Medias para número de plantas cosechadas, número de mazorcas cosechadas, rendimiento y efectos significativos de los contrastes realizados. El Zamorano, 1987.

<u>Tratamientos</u>	<u>Número de plantas cosechadas</u>	<u>Número de mazorcas cosechadas</u>	<u>Rendimiento kg/ha</u>
1 0 N	30.75	30.50	2768.68
2 50 N (Urea)	33.50	34.00	4831.36 ✓
3 100 N (Urea)	33.00	33.00	5863.71
4 150 N (Urea)	32.50	33.25	5863.71
5 200 N (Urea)	34.25	37.50	7626.40 *
6 50 N (S.A)	35.25	35.00	5244.30
7 100 N (S.A)	34.50	35.50	6483.11
8 150 N (S.A)	34.50	36.50	7185.11 ✓
9 200 N (S.A)	32.00	33.50	6276.65
<u>Efectos Significativos</u>			
N (Urea) Lineal	-----	1.325 *	995.18 **
N (S.A) Lineal	-----	-----	896.07 **
N (S.A) Cuadrático	0.946 **	1.036 *	522.07 **
Testigo v.s N	0.326 *	0.476 *	372.79 **

S.A indica la fuente de nitrógeno como sulfato de amonio.

\* Significativo al 5% nivel de probabilidad.

\*\* Significativo al 1% nivel de probabilidad.

variables número de plantas y de mazorcas.

Por ser las variables mencionadas componentes del rendimiento en el maíz podría suponerse que el rendimiento diferente del testigo con relación a los tratamientos se debe a un mayor número de plantas y por ende de mazorcas. Sin embargo, las diferencias de rendimiento son tan grandes que llevan a deducir que el nitrógeno afectó también a otros componentes de rendimiento. Estos serían el número de granos por planta y el peso de los mismos.

La ausencia de efectos significativos del nitrógeno de urea y la presencia de un efecto cuadrático del nitrógeno del sulfato de amonio sobre el número de plantas, son resultados interesantes. El efecto cuadrático indicado fue igual a 0.946 plantas ( $P \leq 0.01$ ) y lleva a suponer que es el azufre del sulfato de amonio el causante de esta respuesta o una posible interacción entre el azufre y el nitrógeno. Al observar las medias de la variable en cuestión (Cuadro 6), se puede notar que el número de plantas se incrementa con las primeras dosis de sulfato de amonio y luego disminuye progresivamente con las dosis más altas. Este resultado podría deberse a que el azufre protege, hasta cierto punto, a las plantas al hacerlas más vigorosas. Posteriormente, disminuye en algo el efecto beneficioso del azufre sin desaparecer del todo.

El número de mazorcas cosechadas por parcela, a semejanza del número de plantas fue afectado por el

nitrógeno del sulfato de amonio con una respuesta cuadrática significativa. El efecto fue de 1.036 mazorcas ( $P \leq 0.01$ ). Si la relación de asociación entre las variables número de plantas y número de mazorcas es alta, este resultado pudo esperarse en vista de lo expresado en el párrafo anterior. El número de mazorcas también se vio afectado por una respuesta lineal significativa ( $P \leq 0.05$ ) al nitrógeno de urea, el efecto fue de 1.325 mazorcas (Cuadro 6).

La expresión de la característica rendimiento fue afectada por efectos lineales tanto del nitrógeno de urea como del nitrógeno de sulfato de amonio. Estos valores fueron bastante similares: 995.18 kg/ha y 896.07 kg/ha, ambos significativos al nivel de probabilidad del 1% (Cuadro 6). Este resultado indica que tanto el nitrógeno de la urea como el del sulfato de amonio tienen un efecto similar sobre el rendimiento. Los rendimientos se incrementaron linealmente con la adición de dosis progresivamente mayores de nitrógeno. En el caso de la urea, la máxima producción se obtuvo con la dosis de 200 kg/ha de nitrógeno (Cuadro 6). En cambio, en el caso del sulfato de amonio la máxima producción se obtuvo con la dosis de 150 kg/ha de nitrógeno. Esta diferencia podría deberse a un efecto perjudicial del azufre contenido en el sulfato de amonio. Este material causa una tendencia hacia una mayor acidez del suelo, lo que podría interferir con

una adecuada y balanceada absorción de otros nutrimentos. Posiblemente este efecto empezó a demostrarse con el empleo de la dosis más alta de sulfato de amonio (200 kg/ha). Estadísticamente, este efecto cuadrático fue significativo al nivel del 1% de probabilidad y tuvo un valor de 522.07 kg/ha.

Este efecto, además de la mayor acidez resultante, podría también deberse a diferentes tasas de desnitrificación y lixiviación de los dos materiales (urea y sulfato de amonio).

A través de los resultados de este experimento y con las diferentes variables estudiadas, en especial rendimiento, ha sido clara la falta de respuesta al azufre. Los contrastes o comparaciones entre el nitrógeno de urea y el nitrógeno del sulfato de amonio no fueron significativos para ninguna de las características evaluadas (Cuadro 3 y 5).

Al fertilizar con 50, 100, 150 y 200 kilogramos de nitrógeno por hectárea empleando sulfato de amonio, se estaba a la vez fertilizando con 57, 114, 171 y 228 kilogramos de azufre por hectárea. Se suponía que cualquier diferencia entre el nitrógeno de urea y el nitrógeno del sulfato de amonio, podía atribuirse principalmente al efecto del azufre o a una interacción entre este elemento y el nitrógeno contenidos en el sulfato de amonio. Sin

embargo, salvo alguna pequeña tendencia y diferencias ya discutidas, este efecto no se encontró.

El azufre es un elemento esencial en el ciclo de vida de todas las plantas superiores. La falta de respuesta a este elemento hace suponer que estuvo presente en cantidades adecuadas en el suelo del experimento. La media general de rendimiento al aplicar urea fue de 6046.29 kg/ha y al aplicar sulfato de amonio 6297.29 kg/ha. Estos rendimientos son altos y como se indicó no son estadísticamente diferentes. Estos resultados, de ser ratificados contradirían el criterio generalizado de que los suelos centroamericanos son deficientes en azufre.

Podría ser también, como se señala en la revisión bibliográfica, que un uso intensivo anterior de fertilizantes contaminados con azufre en los suelos de la Escuela Agrícola Panamericana, haya enmascarado estos resultados. En todo caso, no fue posible, mediante análisis de laboratorio, determinar conclusivamente la cantidad de azufre en el área experimental.

## V. CONCLUSIONES

De acuerdo con los resultados de este experimento se arribó a las siguientes conclusiones:

1. La fertilización nitrógenada afectó positivamente la expresión de las características altura de planta, altura de mazorca, número de plantas, número de mazorcas y rendimiento del híbrido de maíz H-27.
2. Las respuesta a la dosis de nitrógeno fueron en su mayoría lineales y ascendentes para las características estudiadas.
3. El rendimiento se incrementó linealmente, tanto con la dosis de nitrógeno proveniente de la urea como la de sulfato de amonio.
4. El azufre del sulfato de amonio con una interacción entre el nitrógeno y este elemento causaron una respuesta cuadrática, que redujo el rendimiento a las dosis más altas de fertilización.
5. Al no haberse encontrado diferencias significativas entre el nitrógeno de la urea y el nitrógeno de sulfato de amonio, se concluye que el azufre no tuvo ningún efecto sobre el desarrollo de las plantas de maíz.

## VI. RECOMENDACIONES

Por la experiencia ganada en este experimento a través de los resultados obtenidos se recomienda lo siguiente:

1. Explorar respuestas de rendimiento a mayores dosis de nitrógeno de urea que las empleadas en este experimento.
2. Determinar si los resultados de este ensayo son aplicables en otras condiciones de suelo y con otros genotipos de maíz.
3. Realizar experimentos similares incluyendo calcio como un nuevo factor, por posibles cambios en el pH del suelo e interacciones con otros factores.
4. Estudiar el efecto de la aplicación de fertilizantes nitrogenados de varias fuentes y en diferentes épocas del desarrollo del maíz.
5. Emplear urea en la producción comercial de maíz en la E.A.P. por su mayor porcentaje de nitrógeno.
6. Fertilizar el maíz con sulfato de amonio, a cambio de urea a los 30 días después de siembra, únicamente si se observan síntomas de deficiencias de azufre.

## VIII. RESUMEN

La importancia del cultivo de maíz en Honduras y otros países proviene de su valor como alimento humano, además de que provee materia prima para diferentes industrias.

Entre los principales limitantes en el cultivo del maíz se anota al nitrógeno, que junto con el azufre y otros elementos, son escasos en los suelos centroamericanos.

Los objetivos de este trabajo de investigación fueron: 1) Conocer los niveles de nitrógeno que nos proporcionen una producción adecuada en el cultivo del maíz. 2) Obtener datos en los cuales podamos observar la respuesta a la adición de azufre en el cultivo de maíz. 3) Hacer una comparación con dos fuentes de nitrógeno: urea y sulfato de amonio.

El trabajo se realizó en las terrazas del Departamento de Agronomía de la Escuela Agrícola Panamericana. El genotipo de maíz que se empleó fue el híbrido H-27 liberado por la Secretaría de Recursos Naturales de Honduras. Los tratamientos consistieron en las siguientes dosis de nitrógeno: 0, 50, 100, 150 y 200 kg/ha. Estas se proveyeron tanto con urea como con sulfato de amonio para estudiar el efecto del azufre. El diseño experimental usado fue el de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las características estudiadas fueron: altura de planta, altura

de la primera mazorca, número de plantas por parcela, número de mazorcas por parcela y rendimiento en kg/ha.

El nitrógeno tuvo un efecto positivo en la expresión de todas las características estudiadas. El rendimiento promedio del testigo sin nitrógeno fue 2768 kg/ha, mientras que el promedio de todos los tratamientos con nitrógeno fue 6171 kg/ha.

Se detectaron respuestas lineales, con efectos significativos positivos, para todas las variables estudiadas. Al incrementar las dosis de nitrógeno proveniente de la urea el rendimiento se incrementó linealmente con efecto igual a 995.18 kg/ha ( $P \leq 0.01$ ). Un resultado similar se observó con la dosis de nitrógeno proveniente del sulfato de amonio (efecto igual a 896.07 kg/ha;  $P \leq 0.01$ ). Sin embargo, en este último caso, con la dosis más alta de nitrógeno, 200 kg/ha, se observó un decremento en el rendimiento. Esta respuesta cuadrática tuvo un efecto significativo igual a 522.07 kg/ha ( $P \leq 0.01$ ). El decremento se atribuyó a un cambio en el pH del suelo debido a la alta dosis de sulfato de amonio.

Al comparar globalmente los tratamientos con nitrógeno de urea y los tratamientos con nitrógeno de sulfato de amonio no se encontraron diferencias estadísticamente significativas para ninguna de las características evaluadas. Esto indica que en las condiciones de este experimento el azufre no tuvo ningún efecto. Este resultado

se atribuyó a la presencia de azufre en cantidades suficientes en el suelo, lo que contradice la información general de los suelos centroamericanos.

Con base en los resultados obtenidos se recomienda continuar con investigaciones similares que permitan recopilar mayor información sobre este tópico.

### VIII. LITERATURA CITADA

- ALDRICH, J. 1965. Modern corn production. Cincinnati, Ohio, editorial 308 p.
- ALDRICH, S. R.; LENG, E. R. 1974. Producción moderna del maíz. Trad. por Oscar Martínez Tenreiro y Patricia Leguisamón. Buenos Aires Argentina, Hemisferio Sur. 307 p.
- ANONIMO. 1984. Agricultura de las Américas. año 33, No 8 p. 20
- AZUFRE-ELEMENTO esencial en la alimentación de las plantas. 1968. The Sulphur Institute. Washington, D.C. (EE.UU.). 29 p.
- BALLESTEROS, M. 1972. Estudio del efecto de la densidad de población y fertilización edáfica N. P. K. sobre el rendimiento del maíz braquítico 2. in 18ª Reunión anual PCCMCA. Nicaragua, 6-10 de marzo.
- BLACK, C.A. 1975. Relaciones suelo planta. Trad. por Armando Rabuffetti Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur Tomo II, 445-613 p.
- COLLINGS, G.H. 1958. Fertilizantes comerciales. Trad. por Eleuterio Sánchez. Barcelona, España, Salvat. 697 p.
- FOX, R.C. et al. 1961. Sulfur fertilizer aid corn and soybean production, Nebraska. exp. sta. Dvart. 323 p.
- GAMBOA, A. 1980. La fertilización del maíz. Boletín IIP Nº5. Worblanfen, Berna, Suiza. 72 p.
- GARCIDUEÑAS, M. ; ROVALO, M. 1985. Fisiología vegetal aplicada. 2ed. Bogota, Colombia. Mc Graw-Hill 262 p.
- GROS, A. 1976. Abonos. Guía práctica de la fertilización. 6 ed. revisada y ampliada. Trad. del francés por A. Domínguez Vivanco. Madrid, España, Ediciones Mundo-Prensa. 585 p.
- OLSON, R. ; LUCAS, R. 1966. in Colling. Fertilizantes comerciales. Trad. por Eleuterio Sánchez. Barcelona, España. Salvat. 697 p.

- PERDOMO, R.; NELSON, W.L. 1970. Ciencia y tecnología del suelo. Guatemala, Guatemala. Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro de producción de materiales. 366 p.
- RITCHIE, S.W.; HANWAY, L.L. 1984. How a corn plant develops. Special Report No, 48, Ames, Iowa, Iowa State University. p.
- ROJAS, M.; ROVALD, M. 1985. Fisiología vegetal aplicada. 2 ed. Mexico D.F., Mexico, Mac Graw-Hill 301 p.
- TERMAN, H.; HUNT, C. 1964. in Colling. Fertilizantes comerciales. Trad. por. Eleuterio Sánchez. Barcelona, España. Salvat. 697 p.
- TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. 1966. Soil fertility and fertilizer. 2ed. New York, McMillan. 694 p.