

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Facultad de Agronomía

RESPUESTA DEL CULTIVO DE SORGO A LA FERTILIZACION  
CON NITROGENO EN EL SURORIENTE DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA



en el acto de su investidura como  
INGENIERO AGRONOMO  
en el grado académico de  
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, Diciembre de 1975

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

D.L.  
01  
T(917)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
Rector  
Dr. Roberto Valdeavellano

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

Decano	Ing. Agr. Carlos F. Estrada Castillo
Vocal 1o.	Ing. Agr. Salvador Castillo Orellana
Vocal 2o.	
Vocal 3o.	Ing. Agr. Carlos Guillermo Aldana G.
Vocal 4o.	Br. Julio Romero Alvarez
Vocal 5o.	P.A. Víctor Manuel de León
Secretario	Ing. Agr. Oswaldo Porres Grajeda

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

Decano	Ing. Agr. Carlos F. Estrada Castillo
Examinador	Ing. Agr. Carlos Guillermo Aldana G.
Examinador	Ing. Agr. Salvador Sánchez L.
Examinador	Ing. Agr. Edgar Lionel Ibarra
Secretario	Ing. Agr. Oswaldo Porres Grajeda

SECTOR PUBLICO AGRICOLA  
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS  
GALERIAS ESPAÑA - 5o. PISO  
7a. Av No. 11-59, Zona 9  
Guatemala, C. A.

28 de Noviembre de 1975

Señor Decano de la  
Facultad de Agronomía  
Ing. Agr. Carlos F. Estrada Castillo  
Su Despacho

Señor Decano:

Tengo el honor de dirigirme a usted para hacer de su conocimiento, que atendiendo la designación que ese Decanato me hiciera, he asesorado al universitario Carlos De León Prera en la elaboración de su tesis de grado. Dicho trabajo se titula: "Respuesta del Cultivo de Sorgo a la Fertilización con Nitrógeno en el Suroriente de la República de Guatemala".

Dicho trabajo, presenta un análisis económico de la respuesta del cultivo de sorgo a la fertilización nitrogenada en cuatro ensayos realizados en el Departamento de Jutiapa. Considero el trabajo calificado para merecer la aprobación correspondiente y creo que constituye una contribución muy útil al esfuerzo por mejorar la tecnología disponible sobre el cultivo de sorgo en Guatemala.

Del señor Decano, con toda consideración,



Dr. Víctor M. Urrutia R.  
Asesor

Guatemala, 28 de noviembre de 1975

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con lo que establece la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: RESPUESTA DEL CULTIVO DE SORGO A LA FERTILIZACION CON NITROGENO EN EL SURORIENTE DE LA REPUBLICA DE GUATEMALA.

Este trabajo, desarrollado bajo los auspicios del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, pretende ofrecer una alternativa de solución al problema de los bajos rendimientos de este cultivo en nuestro medio, mediante información experimental conducente al mejoramiento de la técnica utilizada en la fertilización con nitrógeno.

Al presentarlo como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, espero que merezca vuestra aprobación.

Atentamente,

  
Carlos de León Frera

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MI PATRIA

A SAN PEDRO SACATEPEQUEZ, SAN MARCOS

A MIS PADRES

Carlos de León Higueros  
Concepción P. de de León

A MIS HERMANOS

Alicia Carlota  
Héctor Rolando  
Dora Violeta

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS  
EN ESPECIAL AL Rvdo. PADRE

Luis Ricardo Chinchilla, S.D.B.

A MIS COMPAÑEROS DE PROMOCION Y TRABAJO  
ESPECIALMENTE A LOS INGENIEROS AGRONOMOS

Edgar Ríos  
Carlos Figueroa  
Luis Figueroa

TESIS QUE DEDICO

Al Colegio Don Bosco

A la Facultad de Agronomía

A la Universidad de San Carlos de Guatemala

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas  
(ICTA)

Al Agricultor de Guatemala

## AGRADECIMIENTO

Quiero dejar constancia de mi agradecimiento a todo el personal de los Programas de Nutrición Vegetal, Socio-Economía Rural, Transferencia de Tecnología y Sorgo, del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), por la valiosa colaboración que me prestaron para la realización de este trabajo.

En especial a mi Asesor Dr. Víctor Manuel Urrutia y al Ing. Agr. Julio Aníbal Palencia, quienes en todo momento me prestaron su valiosa colaboración.

## CONTENIDO

	Hoja
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 EL NITROGENO EN EL SUELO.....	3
2.2 EL NITROGENO EN LA PLANTA.....	4
2.3 REQUERIMIENTOS DE FERTILIZACION NITRO- GENADA.....	5
3. MATERIALES Y METODOS.....	9
3.1 CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS EXPERI- MENTALES.....	9
3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	13
3.3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	13
3.3.1 Tratamientos seleccionados.....	13
3.3.2 Diseño experimental.....	14
3.3.3 Manejo de los experimentos.....	16
3.3.4 Análisis estadístico.....	18
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	19
4.1 EFECTO DEL NITROGENO.....	19
4.2 ANALISIS ECONOMICO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA.....	20
5. CONCLUSIONES.....	32
6. BIBLIOGRAFIA.....	34

## 1. INTRODUCCION

La investigación agrícola aplicada tiene como objetivo principal identificar los problemas que afectan a la producción agrícola y encontrarles una solución práctica e inmediata. Es indudable que ante la problemática que plantean la escasez de alimentos y el alto costo de los insumos para la producción, particularmente los fertilizantes, se hace más evidente la necesidad de utilizar los mejores elementos de juicio para ofrecer un paquete tecnológico capaz de satisfacer los requerimientos que más apremian al pequeño agricultor en la producción de granos básicos.

El sorgo es uno de los granos básicos que en la mayoría de los países latinoamericanos sigue aumentando notablemente en términos de superficie cultivada. En Guatemala, el área dedicada a este cultivo ha aumentado considerablemente durante los últimos años, en parte debido a la disponibilidad de nuevas variedades desarrolladas por el Programa de Sorgo del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), tales como Guatecau y Guatex blanco principalmente; sin embargo, esto no significa que los agricultores que se dedican a la producción de este grano estén obteniendo los rendimientos óptimos que son posibles, ya que el promedio nacional es de aproximadamente 1,000 Kg de grano/Ha, incluyendo los hf-

bridos. La realidad para el pequeño agricultor que siembra las variedades criollas es más apremiante, puesto que obtiene un rendimiento promedio de 650 a 800 Kg/Ha (13).

Considerando que el uso de los fertilizantes en cantidades balanceadas produce incrementos notables en los rendimientos de este cultivo y que actualmente se han realizado pocos trabajos experimentales al respecto, se vio la necesidad de obtener la información necesaria que sirviera de base para diseñar un sistema racional para el uso y manejo de este insumo, de acuerdo a las condiciones del agricultor.

El presente trabajo tiene como objetivo principal, el de cuantificar la respuesta del cultivo de sorgo a la fertilización nitrogenada, para que por medio de un análisis económico, se pueda determinar los niveles de este nutriente que optimicen la ganancia y su eficiencia y así contribuir a resolver en parte el problema anteriormente planteado.

## 2. REVISION DE LITERATURA

### 2.1 EL NITROGENO EN EL SUELO

La fuente primaria del nitrógeno utilizado por las plantas en su nutrición, es el gas inerte  $N_2$  contenido en la atmósfera terrestre (28). Este nitrógeno elemental es fijado en el suelo mediante distintos procesos principalmente de naturaleza biológica, dando lugar a formas orgánicas cuya descomposición derivada de la actividad microbiana da lugar a las formas en que este nutrimento es asimilado por las plantas (4, 2).

La cantidad de nitrógeno en el suelo depende de las condiciones climáticas y del tipo de vegetación, así como de la topografía, las actividades del hombre y del tiempo en que estos factores han actuado sobre el suelo (4, 9). De acuerdo con Black (4), la capa arable de la mayoría de los suelos cultivados acusan un contenido de nitrógeno total comprendido entre 0.02 y 0.4%; sin embargo, Fassbender (9) señala que en casos extremos como el de suelos de la región templada muy ricos en materia orgánica, este contenido puede llegar hasta el 2%. En suelos tropicales de América Central, el contenido de N total también varía ampliamente, aunque al-

canzando valores más altos como los encontrados por Díaz et al (8) que estuvieron comprendidos entre 0.05 y 4.71%; y los señalados por Palencia (21), para algunos suelos derivados de cenizas volcánicas en Guatemala donde dicho contenido varió entre 0.17 y 1.26%.

Al comparar estos últimos valores con el límite de adecuancia (0.2%) señalado por Hardy (16), podría pensarse que se trata de suelos con buena provisión de nitrógeno; sin embargo, vale recordar que puede tratarse de niveles de N no disponible por causa de la estabilidad de la materia orgánica en el suelo (20), o bien de un nitrógeno que ya mineralizado es susceptible de perderse por lixiviación (10) ó por la extracción de cosechas sucesivas (2, 5). Estos extremos parecen tener validez en el caso de los suelos de Guatemala, pues la mayor frecuencia de respuesta observada en los cultivos, corresponde a la fertilización nitrogenada (23).

## 2.2. EL NITROGENO EN LA PLANTA

El nitrógeno juega un papel de vital importancia en la nutrición de las plantas (1), debido a que buena parte de su peso lo constituyen compuestos nitrogenados (2). Aunque tales compuestos son de naturaleza inorgá-

nica y orgánica, estos últimos predominan en forma de proteínas, las cuales, después del agua, son identificadas como los principales constituyentes del protoplasma (4).

De acuerdo con Black (4) y Tisdale y Nelson (28), las proteínas en las células vegetales funcionan como agentes catalíticos y como directores del metabolismo, pues han sido reconocidas como enzimas y ácidos nucleicos o formando parte constitutiva de hormonas y de los pigmentos clorofílicos.

Para llenar estas funciones, el nitrógeno del suelo es absorbido en forma de nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) ó amoniacal ( $\text{NH}_4^+$ ), iones éstos que después de reducidos a radicales  $-\text{N} = \text{N} -$  ó  $-\text{NH}_2$ , dan lugar a la formación de compuestos orgánicos más complejos como los ya mencionados (28). Es evidente entonces, que la planta necesita nitrógeno para crecer, elaborar sus reservas y formar sus semillas (25, 29).

### 2.3 REQUERIMIENTOS DE FERTILIZACION NITROGENADA

Varios autores (3, 9, 15, 18, 20) están de acuerdo en que son muchas razones las que justifican la necesidad de usar dosis adecuadas de fertilizante nitro-

genado, así como de seguir prácticas apropiadas de aplicación, pues mientras un adecuado suministro de nitrógeno conduce a la obtención de plantas vigorosas y de alta productividad (25), las cantidades excesivas de este nutrimento dan como resultado plantas de maduración tardía y muy susceptibles al acame y al ataque de enfermedades y plagas (18, 24, 25).

Jacob y von Uexkull (18), señalan que la fertilización nitrogenada en la mayoría de los suelos es una medida correcta y necesaria, su dosificación será adecuada si satisface la demanda de la planta y armoniza simultáneamente con las exigencias de fósforo y potasio. En este caso se convierte en un medio eficaz para el incremento de los rendimientos. Bartholomew (3) indica que las cantidades de nitrógeno realmente absorbidas y aprovechadas por los cultivos en las regiones tropicales, deben conocerse como una guía para establecer las prácticas de fertilización. Esta información constituye la norma por medio de la cual, se puede evaluar la eficiencia de los fertilizantes. Para lograr el uso más económico del fertilizante, según Cooke (6), se debe escoger la cantidad óptima de fertilizante adecuado y la aplicación de éste en el lugar preciso y tiempo oportuno.

tuno. Este mismo autor (6), indica que la forma usual para encontrar la dosificación de fertilizantes para un cultivo se basa en los experimentos de campo donde se prueban diferentes cantidades de fertilizante y midiendo los resultados que dan éstos, se pueden hacer las debidas recomendaciones. Esta práctica se hace necesaria en vista de que el requerimiento cuantitativo de nutrientes minerales varía de acuerdo a los niveles de rendimiento posible dentro del rango para alcanzar el máximo, los cuales a su vez, dependen de las condiciones ambientales prevalecientes que son variables según la localidad (22).

Al respecto, son numerosos los países que han efectuado este tipo de ensayos. Rosales, citado por Llano (19), trabajando con sorgo en Nicaragua, encontró como nivel óptimo de fertilización nitrogenada la aplicación de 105 Kg de N/Ha. Este nivel de aplicación, según González y Herron, citados también por Llano (19), ha sido generalmente óptimo durante ensayos efectuados en otros países. También Salazar (26) encontró en Nicaragua respuesta de rendimiento en grano a la aplicación de 35 a 65 Kg de N/Ha. De Geus (7), indica que para áreas tropicales y subtropicales cuando las condiciones

de humedad son limitantes, una aplicación de 22 Kg de N/Ha, ha dado frecuentemente buenos resultados, mientras que en condiciones en que exista suficiente humedad se recomiendan aplicaciones de 44 Kg de N/Ha. Sin embargo este mismo autor (7) menciona que en Gangavati (India), las respuestas a 22 y 44 Kg de N/Ha fueron respectivamente de 514 y 1,028 Kg de grano por hectárea. Menciona además que para las variedades de altos rendimientos de la India, se recomienda la aplicación de 66 Kg de N/Ha para obtener un rendimiento de 6738 Kg de grano por hectárea, cuando las condiciones de humedad son favorables y existe un buen mantenimiento del cultivo.

Según Fuentes (16), en Guatemala, el sorgo ha respondido a las aplicaciones de nitrógeno, pero indica que a la fecha no se tienen resultados de estudios sobre niveles de aplicación de fertilizante inicial y nitrógeno adicional.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1 CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Para evaluar la respuesta del cultivo de sorgo a la fertilización con nitrógeno, fueron conducidos 4 ensayos en el departamento de Jutiapa, localizados así:

Ensayo No. 1: La Pecuaria (Asunción Mita), con una altitud de 478 metros s.n.m.; aproximadamente entre las coordenadas geográficas 14°20' latitud norte y 89°42' longitud oeste.

Ensayo No. 2: El Melonar (Jalpatagua), con una altitud de 557 metros s.n.m.; aproximadamente entre las coordenadas geográficas 14°08' latitud norte y 90°00' longitud oeste.

Ensayo No. 3: El Coco (Asunción Mita), con una altitud de 482 metros s.n.m.; aproximadamente entre las coordenadas geográficas 14°17' latitud norte y 89°43' longitud oeste.

Ensayo No. 4: La Trinidad (Pasaco), con una altitud de 320 metros s.n.m.; aproximadamente entre las coordenadas geográficas 14°01' latitud norte y 89°54' longitud oeste.

Según la clasificación de Holdridge (17), todos los ensayos se encuentran ubicados dentro de la zona ecológica tropical seca, con un promedio de precipitación pluvial media anual de 1,258 mm, distribuidos principalmente entre los meses de mayo a octubre y con un promedio de temperatura media de 26°C.

Los suelos de La Pecuaria, El Melonar y El Coco corresponden a la serie de los "Valles no Diferenciados" y son descritos por Simmons, Tárano y Pinto (27) como suelos de los valles grandes, en los cuales ninguna serie es dominante. La mayor parte del área es plana y adecuada para la agricultura mecanizada; en algunos casos, existen áreas de pendientes muy inclinadas. Los valles incluidos en esta clasificación de tierras, poseen algunos de los mejores suelos arables de la región oriental del país. Con una área total de 173,257 hectáreas, estos suelos constituyen el 1.6% de la República, de acuerdo a la Clasificación de Reconocimiento de Suelos (27).

Los suelos de La Trinidad, se identifican como de la serie Culma, los cuales se caracterizan por ser moderadamente profundos, bien drenados, desarrollados sobre lahar máfico, en un clima seco y ocupan relie-

ves de ondulados a inclinados. El suelo superficial a una profundidad de 20 cms es franco arcilloso y friable de color café oscuro; contiene piedras felsíticas negras en la superficie y en el sub-suelo. Estos suelos se han desarrollado en una región que no tiene suficiente lluvia para conseguir una cosecha completa de maíz, por lo que el sorgo constituye un cultivo más seguro para el agricultor.

En el Cuadro 1, se puede observar la localización, serie de suelos, clase textural, precipitación, temperatura, altitud, así como algunas características químicas de los suelos donde se instalaron los ensayos, separados de acuerdo a la época de siembra.

CUADRO 1. Localización y características físicas y químicas de los sitios experimentales

No. de Ensayo	Localización	Serie de Suelos	Clase Textural	ug/ml**			Meq/100 ml***		Precip. Media Anual (mm)	Temp. Media Anual (°C)	Altitud (mts. s.n.m.)
				pH*	P	K	Ca	Mg			
SIEMBRA DE PRIMERA (Junio)											
1	La Pecuaría, Asunción Mita	V.N.D. <sup>1/</sup>	Arc. Ar.	6.9	50	172	15.4	6.9	1082	26.1	478
2	El Melonar, Jalpatagua	V.N.D.	Fr. Ar.	5.9	2	190	11.1	3.1	1527	26.9	557
SIEMBRA DE SEGUNDA (Septiembre)											
3	El Coco, Asunción Mita	V.N.D.	Arc. Ar.	6.5	32	136	12.4	3.4	1050	26.4	482
4	La Trinidad, Pasaco	Culma	Fr. Ar.	6.3	84	157	13.7	3.0	1373	26.0	320

<sup>1/</sup> V.N.D.: Valles no diferenciados.

\* Relación Suelo/Agua 1:2.5

\*\* Determinado con HCL 0.05N + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.025N; Suelo/Solución 1:5

\*\*\* Determinados con CuSO<sub>4</sub>0.2N + AgSO<sub>4</sub>0.2N; Suelo/Solución 1:5.

### 3.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

La respuesta del cultivo de sorgo a la fertilización con nitrógeno, fue evaluada utilizando siete niveles de aplicación de nitrógeno, un nivel de fósforo y un nivel de potasio; estos dos últimos niveles sirvieron para chequear posibles deficiencias de estos dos elementos. Las fuentes de nutrientes utilizadas fueron:

Nitrógeno: Urea con 46% de N

Fósforo : Triple superfosfato con 46% de  $P_2O_5$

Potasio : Muriato de potasio con 60% de  $K_2O$

En todos los ensayos se utilizó la variedad Guatecau, la cual ha sido aceptada por el pequeño agricultor de oriente debido a su capacidad para producir altos rendimientos, resistencia a enfermedades, altura adecuada de planta y un ciclo vegetativo de 90 a 115 días (11).

### 3.3 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

#### 3.3.1 Tratamientos Seleccionados

En el Cuadro 2 se anotan los tratamientos seleccionados para el presente estudio. En total fueron considerados 9 tratamientos, de los cuales los primeros 7 se utilizaron para estudiar el efecto del nitró-

geno y los dos tratamientos restantes para detectar diferencias de fósforo y potasio, de acuerdo a los niveles críticos establecidos por el Laboratorio de Nutrición Vegetal del ICTA (23). Solamente al ensayo efectuado en El Melonar (Jalpatagua) se le aplicó fósforo constante, a razón de 90 Kg/Ha de  $P_2O_5$ . El nitrógeno se aplicó en tres épocas diferentes: El 25% durante la siembra, el 50% a los 30 días después de la siembra; y el 25% a los 50 días.

### 3.3.2 Diseño Experimental

Para los efectos de la evaluación de los 9 tratamientos, se usó el diseño experimental de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El área de cada uno de los experimentos fue de 583.20 metros cuadrados (21.60 x 27 metros). El área de las unidades experimentales fue de 14.40 metros cuadrados (6 x 2.40 metros) o sea 4 surcos de 6 metros de largo a 0.60 metros de separación. La parcela neta cosechada consistió de 2 surcos de 5 metros de largo a 0.60 metros de separación con una área de 6 metros cuadrados (5 x 1.20 metros).

CUADRO 2. Tratamientos seleccionados

No. Trat.	La Pecuaria			El Melonar			El Coco y La Trinidad		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	0	0	0	0	90	0	0	0	0
2	30	0	0	30	90	0	25	0	0
3	60	0	0	60	90	0	50	0	0
4	90	0	0	90	90	0	75	0	0
5	120	0	0	120	90	0	100	0	0
6	150	0	0	150	90	0	125	0	0
7	180	0	0	180	90	0	150	0	0
8	90	0	45	90	90	45	100	100	0
9	90	45	0	90	0	0	100	0	100

### 3.3.3 Manejo de los Experimentos

La preparación del suelo consistió en una aradura a 20 cms de profundidad y dos pasos de rastra. En El Melonar y La Pecuaria, se aplicó al suelo 65 Kg/Ha de Aldrín al 2.5% en polvo, antes del segundo paso de rastra. Para los campos de El Coco y La Trinidad, esta práctica no se consideró necesaria, ya que en el muestreo de plagas del suelo, tomando como unidad un metro cuadrado a 20 cms de profundidad, no se encontraron insectos en ninguno de sus estados de desarrollo.

El rayado de los surcos se hizo mecanizado a una profundidad aproximada de 10 cms y a una distancia entre sí de 0.60 metros. La primera aplicación de nitrógeno o sea el 25%, se colocó al fondo del surco junto con la dosis total de fósforo y potasio, de acuerdo a las especificaciones de los tratamientos. Este fertilizante se cubrió con una capa delgada de suelo. El 50% de nitrógeno se aplicó a los 30 días después de la siembra; y el 25% restante a los 50 días, ambas aplicaciones se hicieron en bandas superficiales al lado de la hilera de plantas.

Las fechas de siembra fueron las siguientes: La Pecuaria, el 7 de junio; El Melonar, el 14 de junio; El

Coco, el 25 de septiembre; y La Trinidad, el 12 de septiembre, todos corresponden al año 1974.

La siembra se hizo a mano, utilizando el equivalente a 26 Kg/Ha de semilla de la variedad Guatecau. Al cubrirse la semilla con suficiente cantidad de suelo, se efectuó una aplicación pre-emergente de Gesaprim al 80%, a razón de 2 Kg/Ha. A los 12 días después de la siembra, se hizo un raleo de plantas, para dejar una población de 120 plantas por surco de 6 metros de largo; las plantas quedaron espaciadas sobre el surco aproximadamente a 5 cms entre sí, se realizó una limpia manual a los 35 días después de la siembra.

El control de insectos del follaje, principalmente Laphygma Frugiperda y Aphis sp., se efectuó en dos aplicaciones de insecticidas; la primera a los 35 días con Endrín al 19.5%, a razón de 30 gramos por bomba de 4 galones; y la segunda a los 55 días con Dípterex SP al 95%, a razón de 25 gramos por bomba de 4 galones.

Las fechas de cosecha para los distintos ensayos fueron las siguientes: La Pecuaria, el 8 de octubre; El Melonar, el 27 de septiembre; El Coco, el 27 de diciembre; y La Trinidad, el 10 de diciembre. En todos los ensayos se cosecharon los dos surcos centrales de

cada parcela, dejando 0.50 metros de borde al final de cada surco.

Se determinó la humedad del grano para expresar los rendimientos a una humedad constante del 14%; para esta operación, se utilizó un determinador electrónico de humedad marca Dole-400.

#### 3.3.4 Análisis Estadístico

Se hizo un análisis de regresión utilizando un modelo cuadrático, por medio del método de los cuadrados mínimos. Se interpretaron las regresiones en términos del costo del fertilizante y valor del grano de sorgo para calcular niveles óptimos y más eficientes. El modelo cuadrático empleado para el análisis de todos los ensayos fue el siguiente:  $Y = a + b_1x + b_2x^2$ .

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

Los rendimientos de campo obtenidos en el presente estudio se consignan en el Cuadro 3. Estos resultados se calcularon con una humedad constante en el grano del 14% y constituyen un promedio de 4 repeticiones, expresados en Kg/Ha de cada uno de los tratamientos y ensayos utilizados para evaluar el efecto del nitrógeno. Estos datos se utilizaron para calcular las líneas de regresión que expresaran la relación existente entre el rendimiento y los niveles de fertilización aplicados.

##### 4.1 EFECTO DEL NITROGENO

En el Cuadro 4, se muestran los rendimientos de grano al 14% de humedad, calculados para cada nivel de fertilización de acuerdo a las ecuaciones de regresión cuadrática. Estas ecuaciones se consignan en el Cuadro 5, junto con otros parámetros estadísticos de interés. El efecto de la aplicación del nitrógeno sobre los rendimientos siguió una relación lineal positiva hasta cierto nivel de aplicación característico de cada ensayo, después del cual se obtuvo el máximo rendimiento estable. Este rendimiento máximo fue calculado por medio de la diferenciación de las ecuaciones de regresión y su valor

se consigna en el Cuadro 6, en la columna identificada con el símbolo Y Max. Estos rendimientos máximos variaron desde 3,684 Kg/Ha de grano hasta 6,023 Kg/Ha. Los niveles de nitrógeno aplicados para cada uno de estos rendimientos máximos se muestran en el Cuadro 6 en la columna bajo el símbolo X Max y variaron desde 110 hasta 182 Kg de N/Ha.

El rendimiento máximo ó Y Max, representa el límite fisiológico hasta donde el cultivo respondió a la aplicación de nitrógeno.

#### 4.2 ANALISIS ECONOMICO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA

El Cuadro 6, muestra los niveles de aplicación de nitrógeno que optimizan la ganancia obtenida, en la columna bajo el símbolo X Opt. Asimismo, se consignan en este Cuadro los rendimientos obtenidos con cada uno de estos niveles óptimos de aplicación del nitrógeno, en la columna bajo el símbolo Y Opt.

Para estimar la economía de la respuesta a la aplicación del fertilizante, se consideró un precio para el grano de sorgo de Q. 0.112 por kilogramo. El valor del grano en el mercado es de Q. 0.132 por kilogramo, pero se

le restó el costo de la trilla, transporte e impuesto municipal, que no son ingresos realmente percibidos por el agricultor. Estos costos se estimaron como sigue: Trilla a Q. 0.30, transporte a Q. 0.50 é impuesto municipal a Q. 0.10, todos en base a sacos de 45 kilogramos (aproximadamente un quintal). El valor del fertilizante, se estimó a Q. 0.96 por Kg de Nitrógeno. Esta estimación se hizo en base al precio de la urea durante el tiempo del estudio, la cual se consideró como la fuente más barata y disponible. El precio estimado para la urea incluye el costo de la aplicación. Otros costos pequeños que son inherentes a la respuesta del fertilizante, tales como el costo adicional de cosechar más grano, no se consideró por estimarse que influiría muy poco en la economía de la respuesta.

La Gráfica 1, muestra la relación existente entre el ingreso bruto obtenido sobre el del testigo y el nivel de fertilización aplicado en cada uno de los 4 ensayos efectuados. También se consigna en esta gráfica la relación lineal del costo del fertilizante para cada nivel de aplicación. El espacio que existe entre cada curva de ingreso bruto y la línea del costo del nitrógeno, representa el ingreso neto debido a la aplicación del

fertilizante. La amplitud de este espacio para cada uno de los ensayos alcanza un punto máximo, que representa el máximo ingreso neto obtenido, el cual se obtiene con los niveles de aplicación X opt. consignados en el Cuadro 6 para cada ensayo.

Esta relación entre el ingreso neto y el nivel de aplicación del nitrógeno se muestra mas claramente en la Gráfica 2, donde el ingreso neto en quetzales es también el obtenido sobre el del testigo. En esta gráfica, el X opt. para cada curva de respuesta se puede determinar por la posición del punto sobre la curva con mayor ingreso. Estos valores del X opt. coinciden con los presentados en el Cuadro 6.

El nivel óptimo de fertilización nitrogenada es aquella dosis de aplicación que resulta ser más económica para aquellos casos en que el agricultor disponga de suficiente fertilizante. Este nivel le proporcionará a dicho agricultor la máxima ganancia posible. En un sistema de producción intensivo, este sería el nivel de aplicación a recomendar. Se puede notar en el Cuadro 6, que estos niveles son más altos para los ensayos efectuados en la siembra de primera que para aquellos realizados en siembra de segunda. Por ejemplo, para La Pecuaria y El

Melonar, estos niveles óptimos fueron de 109 y 133 Kg de N/Ha respectivamente; mientras que para El Coco y La Trinidad, los niveles fueron de 75 y 82 Kg de N/Ha respectivamente. Estos resultados se pueden explicar por la mayor disponibilidad de humedad en el suelo que existe en siembras de primera y porque en esta época el ciclo vegetativo del sorgo se alarga debido al efecto del fotoperíodo, exigiendo la planta, como consecuencia de estas condiciones, una mayor cantidad de nutrientes.

El nivel óptimo promedio de aplicación de nitrógeno para los dos ensayos efectuados en siembra de primera fue de 121 Kg de N/Ha, para obtener un rendimiento promedio de 5,355 Kg/Ha. Para los dos ensayos de segunda época el X opt. promedio fue de 78 Kg de N/Ha, para obtener un rendimiento promedio de 4,440 Kg/Ha. En el ensayo realizado en La Trinidad, aunque se sembró en época de segunda, se obtuvo un rendimiento óptimo de 5,397 Kg/Ha, con un nivel de aplicación de nitrógeno relativamente bajo de 82 Kg/Ha, lo que sugiere un mejor estado de fertilidad natural de este suelo.

Un problema con que se enfrenta el país y el agricultor en la actualidad, es la escasez de fertilizantes y recursos económicos para la agricultura. Esto signi-

fica que muchos agricultores, principalmente el pequeño productor de sorgo en el Oriente del país, generalmente no puede aplicar la cantidad de fertilizante que le optimice la ganancia. En este caso, otro parámetro de interés económico es el nivel de fertilización que maximiza la eficiencia del fertilizante. Este nivel representa la dosis del nutriente que produce los mayores ingresos netos por unidad de nutriente aplicado. Estos valores se presentan en el Cuadro 6, en las últimas dos columnas. En una de las columnas se consignan los niveles de nitrógeno que maximizan  $Y/N$  y en la otra los rendimientos obtenidos para cada nivel de aplicación. Estas relaciones también se muestran para cada ensayo en la Gráfica 3. Se puede observar en esta gráfica, que la eficiencia del fertilizante en los ensayos de El Melonar y El Coco sigue una tendencia decreciente desde el nivel más bajo de aplicación. Bajo estas condiciones, la dosis del nitrógeno más eficiente es de 0 Kg/Ha. Al contrario, en los Ensayos de La Pecuaria y La Trinidad, la eficiencia del fertilizante aumenta hasta un nivel de aplicación de 68 y 43 Kg de N/Ha, respectivamente, para luego seguir una tendencia decreciente.

De acuerdo a las posibilidades del agricultor, los niveles de aplicación de nitrógeno a recomendar, en base a los resultados obtenidos en este estudio, deberán estar limitados por el nivel que optimiza la eficiencia del fertilizante y aquel que optimiza la ganancia, tomando este último nivel como la meta que se debería alcanzar para la producción económica del cultivo. De acuerdo a este criterio, los rangos mencionados anteriormente, para cada uno de los ensayos son como sigue: Para La Pecuaria, de 68 a 121 Kg de N/Ha; para El Melonar, de 0 a 121 Kg de N/Ha; para El Coco, de 0 a 78 Kg de N/Ha y para La Trinidad de 43 a 78 Kg de N/Ha.

CUADRO 3. Rendimientos promedio del grano de sorgo al 14% de humedad, obtenidos por cada nivel de fertilización.

N	La Pecuaria	El	N	El Coco	La
		Melonar		Kg/Ha	
0	2673	3027	0	2126	4103
30	3120	4117	25	2775	4472
60	3950	4867	50	3138	4817
90	4795	5175	75	3578	5015
120	5255	5684	100	3692	5564
150	4454	5783	125	3374	5242
180	4825	6133	150	3551	5468

CUADRO 4. Rendimientos de grano de sorgo al 14% de humedad obtenidos por cada nivel de fertilización, de acuerdo a la ecuación de regresión cuadrática.

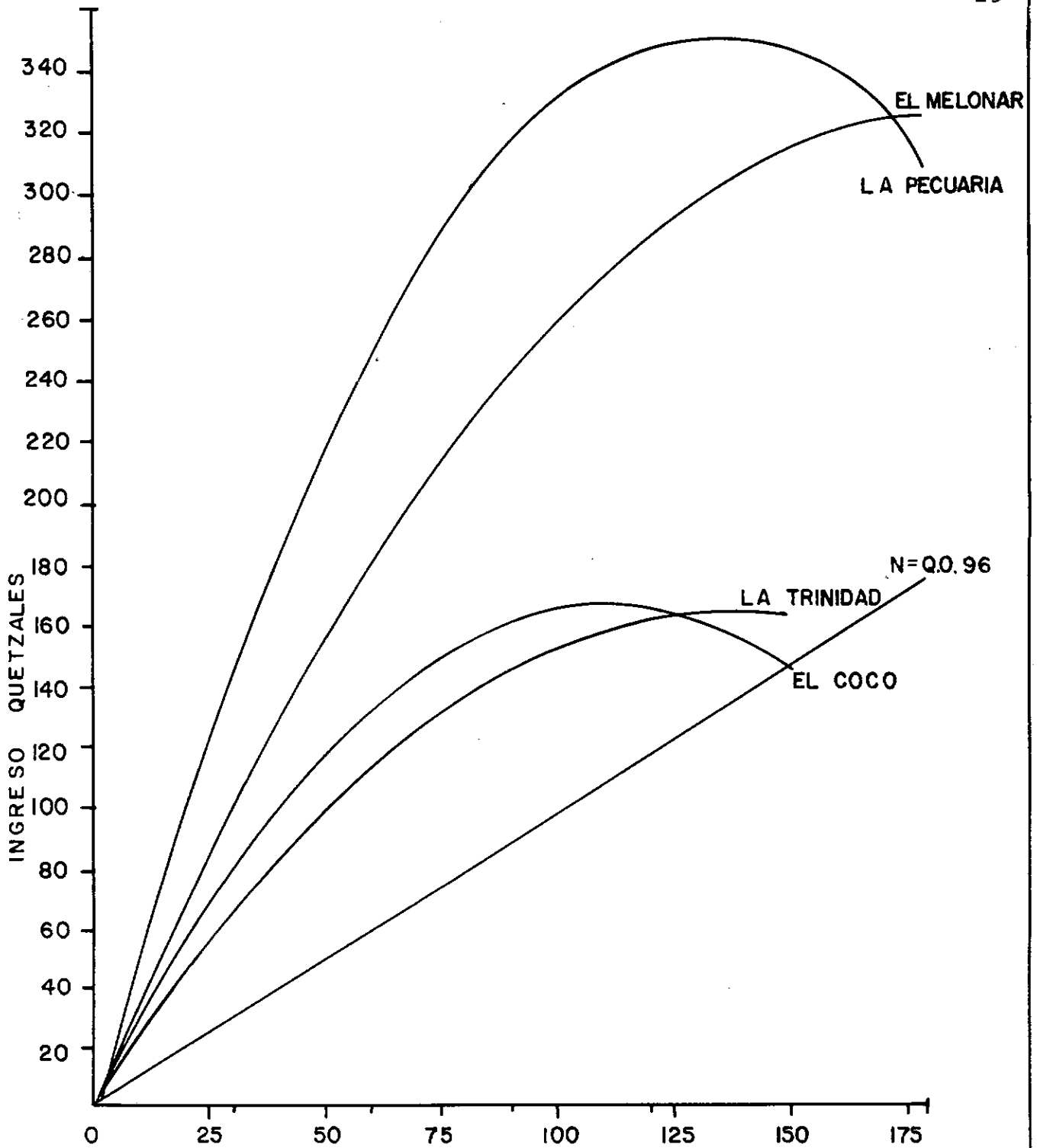
N	La Pecuaria	El	N	El Coco	La
		Melonar		Kg/Ha	
0	1870	3136	0	2148	3970
30	3121	4007	25	2746	4451
60	4055	4723	50	3190	4836
90	4672	5282	75	3483	5126
120	4972	5684	100	3621	5320
150	4955	5931	125	3607	5419
180	4621	6022	150	3440	5422

CUADRO 5. Sumario de los Análisis Estadísticos

No. de Ensayo	Localización	Ecuación de Regresión Cuadrática $Y = a + b_1X + b_2X^2$	$R^2$	$F_c$	$t_1$	$t_2$
1	La Pecuaría, Asunción Mita	$Y = 1870 + 46.99 X - 0.18X^2$	0.75	32.17	6.10	-4.90
2	El Melonar, Jalpatagua	$Y = 3136 + 31.64 X - 0.09X^2$	0.81	52.14	5.38	-2.76
3	El Coco, Asunción Mita	$Y = 2148 + 26.96 X - 0.12X^2$	0.84	64.64	8.41	-5.96
4	La Trinidad, Pasaco	$Y = 3970 + 21.16 X - 0.08X^2$	0.57	14.14	2.78	-1.80

CUADRO 6. Parámetros de interés económico calculados a partir de las regresiones establecidas.

No. de Ensayo	Localización	X Max. Kg N/Ha	Y Max. Kg/Ha	X Opt. Kg N/Ha	Y Opt. Kg/Ha	Kg/Ha	
						Max. X	Y/N Y
1	La Pecuaria, Asunción Mita	133.36	5004	109.04	4899	67.5	4239
2	El Melonar, Jalpatagua	182.45	6023	133.02	5811	0	3136
3	El Coco, Asunción Mita	110.00	3684	75.00	3483	0	2220
4	La Trinidad, Pasaco	138.00	5433	82.29	5397	42.9	4736



Kg./Ha. Nitrógeno

Kg. de Sorgo: Q.O. 112

Kg. de N : Q.O. 96

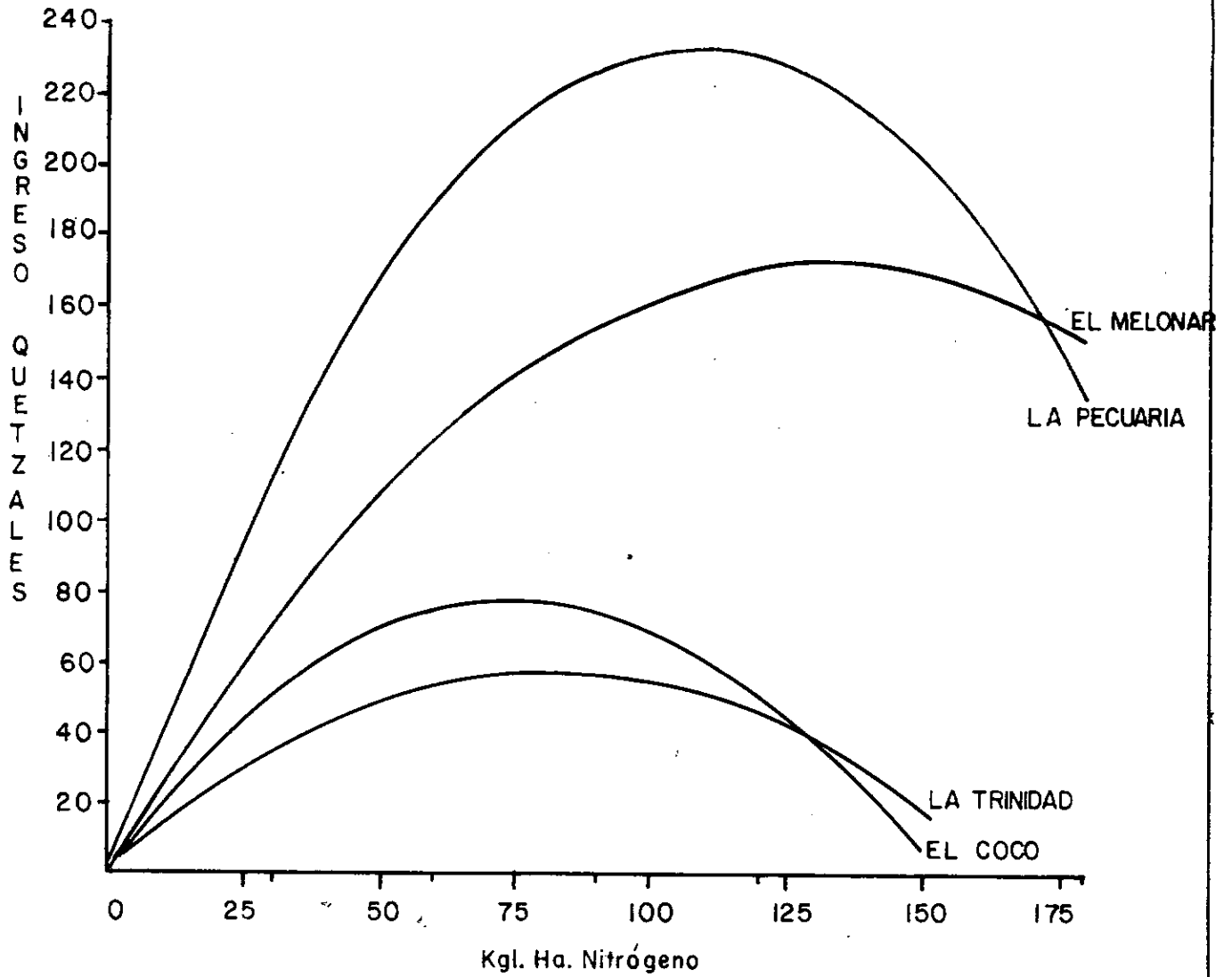
$\alpha$  = intercepto de la ecuación

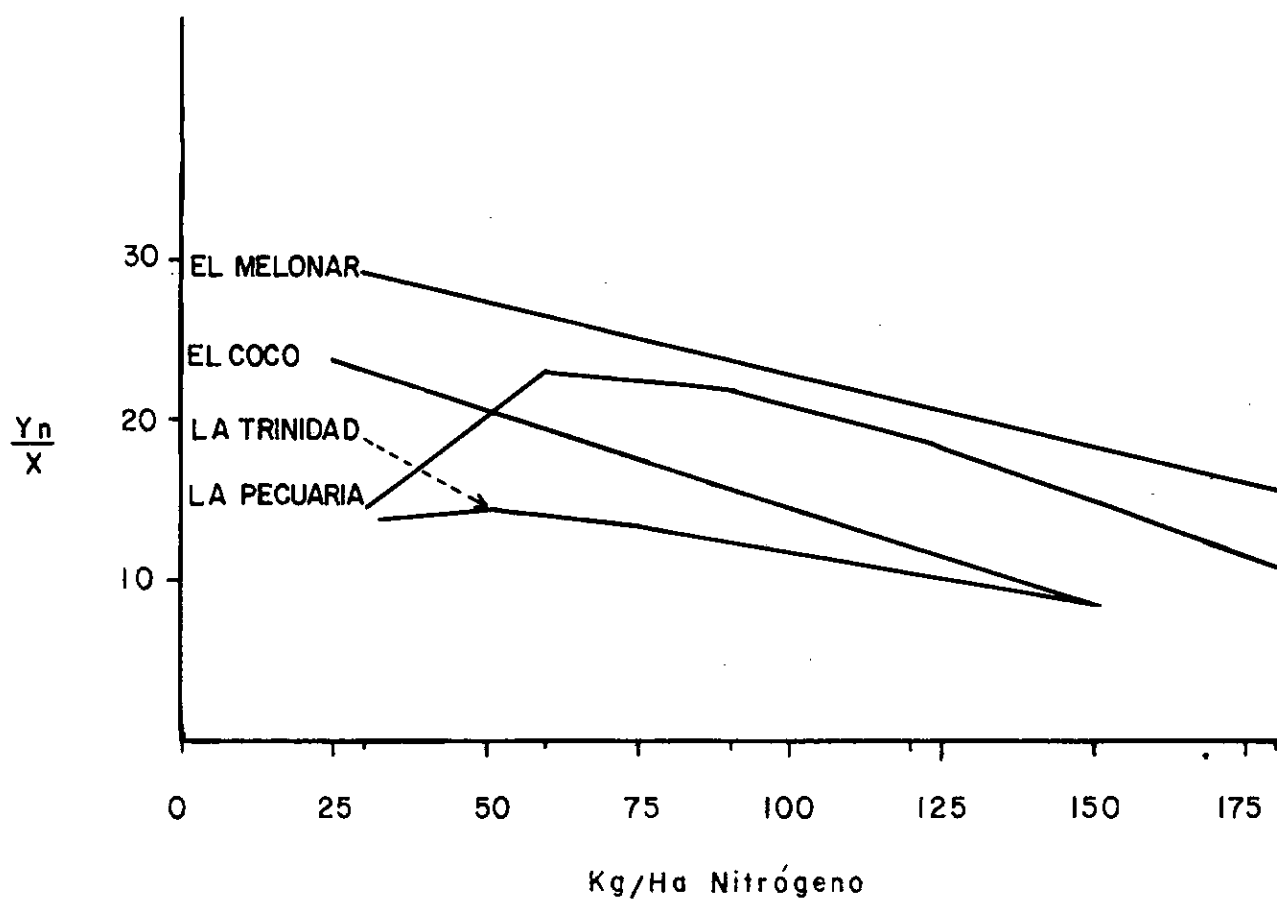
GRAFICA I

RELACION ENTRE INGRESO BRUTO Y FERTILIZACION  
CONSIDERANDO EL VALOR DE  $\alpha = 0$

### GRAFICA 2

RELACION ENTRE INGRESO NETO Y FERTILIZACION  
CONSIDERANDO EL VALOR DE  $\alpha = 0$





GRAFICA 3

RELACION ENTRE AUMENTO DE RENDIMIENTO POR  
Kg. DE N. APLICADO, CONSIDERANDO EL VALOR DE  $\alpha=0$

## 5. CONCLUSIONES

1. Los resultados obtenidos en este estudio, nos permiten hacer una estimación preliminar del nivel de aplicación del nitrógeno que se debe recomendar para el cultivo de sorgo en el Oriente del país. Estos niveles fueron de 121 Kg de N/Ha en siembras de primera y 78 Kg de N/Ha en siembras de segunda. Estos niveles de aplicación son los que optimizan el ingreso neto que se puede obtener de la aplicación del fertilizante.
2. Los niveles óptimos de aplicación de nitrógeno determinados en este estudio son un poco más altos que los que actualmente se recomiendan en el país para el cultivo de sorgo solo, por lo cual se recomienda aumentarlos en 30 Kg de N/Ha para siembras de primera y 15 Kg de N/Ha para las siembras de segunda.
3. Bajo condiciones de escasez de fertilizantes, el nivel de aplicación que maximiza la eficiencia de este insumo, es un parámetro económico de gran interés. En este estudio, en dos de los ensayos ese nivel fue de 0 Kg de N/Ha y en los dos ensayos restantes fueron de 43 y 68 Kg de N/Ha respectivamente. Estos niveles deberán constituir la cantidad mínima de nitrógeno a aplicar, puesto que son

las dosis que le proporcionan al agricultor el mayor ingreso neto por quetzal invertido en fertilizante.

4. Los niveles de fertilización que se deben recomendar para siembras de primera, deberán ser más altos que aquellos que se recomiendan para siembras de segunda, debido a una mayor disponibilidad de humedad en el suelo y una mayor duración de horas luz. En este estudio no se encontraron diferencias notables en los niveles óptimos de fertilización entre localidades, pero sí las hubieron entre épocas de siembra.
5. Los resultados obtenidos en este estudio son aplicables al cultivo de sorgo sólo, por lo que deberán efectuarse estudios similares con las asociaciones de maíz-sorgo y maíz-sorgo-frijol.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. ALDRICH, SAMUEL R. y LENG, EARL R. Producción Moderna del maíz. Trad. por Oscar Martínez Tenreiro y Patricia Leguisamón. Argentina, Editorial Hemisferio Sur, 1974. 308 p.
2. BARTHOLOMEW, W. V. El Nitrógeno del Suelo; Procesos de Abastecimiento y Requerimientos de los Cultivos. ISFEI, North Carolina State University at Raleigh USA. Bol. Téc. No. 6, 1972. 97 p.
3. BARTHOLOMEW, W. V. Nitrógeno del suelo en los trópicos. Un resumen de las investigaciones edafológicas en la América Latina tropical. Agricultural Experiment Station, Technical Bulletin (North Carolina). 219:75-96. 1973.
4. BLACK, C. A. Soil-Plant Relationships. New York, John Wiley, 1968. 792 p.
5. BUCKMAN, H. O. y BRADY, N. C. Naturaleza y Propiedades de los Suelos. Trad. R. Salora; Barcelona, Montaner y Simmon, 1970. 590 p.
6. COOKE, G. W. Fertilizantes y sus usos. 2d. ed. Trad. Alonso Blackaller Valdez. México, Editorial Continental, 1965. 180 p.
7. DE GEUS, O. G. Fertilizer Guide for Tropical and subtropical farming. Centre D' etude de L' Azote, Zurich, 1967. 727 p.
8. DIAZ-ROMEY, R., BALERDI, F. y FASSBENDER, H. W. Contenido de materia orgánica y nitrógeno en suelos de América Central. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1970. p. 20, 185-192.
9. FASSBENDER, HANS W. Química de Suelos con énfasis en Suelos de América Latina. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1975. 398 p.

10. FOX, R. H. Fertilización con nitrógeno en los trópicos húmedos. México, CRAT, 1974. 16 p.
11. FUENTES, JORGE. GUATECAU-Variiedad de Sorgo Granífero (Sorghum bicolor (L.) Moench), su desarrollo y evaluación en Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1975. 66 p. (Tesis Ing. Agr.).
12. FUENTES, JORGE. Situación actual del cultivo de sorgo en Guatemala. EN: Informe de la VX Reunión Anual del P.C.C.M.C.A., San Salvador, El Salvador, 1969. pp 3-5.
13. GUATEMALA. Dirección General de Estadística, Ministerio de Economía; Encuesta General Agropecuaria Año Agrícola 1972-73. Guatemala, 1974.
14. GUATEMALA. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Programa de Trabajo 1975 del Programa de Sorgo. Guatemala, ICTA, 1975. 44 p. (Mimeografiado).
15. GUATEMALA. Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Reporte de Actividades 1974-1975 del Programa de Sorgo. Guatemala, ICTA, 1975. 31 p. (Mimeografiado).
16. HARDY, F. The soils of IAIAS area. Turrialba, Costa Rica, Cacao Center, IAIAS, 1961. 76 p. (Mimeografiado).
17. HOLDRIDGE, L. R. Mapa de Zonificación Ecológica de Guatemala, según sus formaciones vegetales. Guatemala, Ministerio de Agricultura, SCIDA, 1958. 19 p.
18. JACOB, A. y von UEXKULL, H. Fertilización; Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Trad. por López Martínez de Alva. Alemania, Hannover Verlagsagesellschaft Fur AckerbaumH, 1966. 626 p.
19. LLANO, AURELIO. Efecto del nitrógeno sobre la pudrición seca del tallo de sorgo y causada por Macrophoina phaseolina (Tassi) Goid. EN: XXI Reunión Anual

- del P.C.C.M.C.A., Volumen II. San Salvador, El Salvador, P.C.C.M.C.A., 1975. pp 356-358.
20. NORSE HYDRO. Fertilizantes Completos. Guatemala, Lito. B. Zadik, 1971. 20 p.
  21. PALENCIA, J. A. Caracterización de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas en Centroamérica. Tesis de M. Scientiae. Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969. 168 p.
  22. ----- Algunos aspectos sobre fertilización de maíz en Guatemala. Guatemala, ICTA, 1974. 11 p. (Mimeografiado).
  23. ----- Ed. Programa de Nutrición Vegetal, Informe Anual 1974, Guatemala, ICTA, 1975. 123 p.
  24. RIVERO R., GUILLERMO. El uso del nitrógeno en el trópico. Colombia, Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo, 1972. pp 9-11.
  25. RODRIGO y SERRANO, JOSE MIGUEL. El cultivo del sorgo granífero. Caracas. 's.e.', 1968. 132 p.
  26. SALAZAR B., ANGEL. Experimentación con sorgo en Nicaragua. EN: XII Reunión Anual del P.C.C.M.C.A., Managua, Nicaragua, P.C.C.M.C.A., 1966. pp 42-50.
  27. SIMMONS, C. S., et al. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala, Editorial "José de Pineda Ibarra", 1959, 1,000 p.
  28. TISDALE, S. L. & NELSON, W. L. Soil fertility and Fertilizers; 2a. Edition. New York, Macmillan, 1966. 694 p.
  29. VANDERLIP, R. L. Plant food taken up by 135 Bu/A Sorghum. Departament of Agronomy. Kansas State University, 's.f.' 5 p. (Mimeografiado).

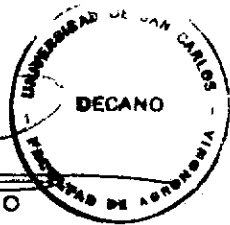
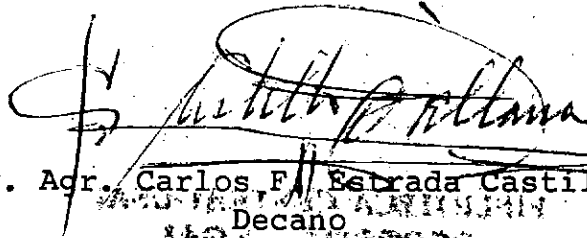
30. VILLACHICA, HUGO L. Respuesta del sorgo al encalado y fertilización. Rendimiento de materia seca y concentración foliar de N, P y K. Fitotecnia Latinoamericana (Venezuela) Vol. 9(1):71. 1973.

Vo.Bo. Por Bibliotecaria

*Ingrid A. de Gálvez*  
Ingrid A. de Gálvez  
Auxiliar de Biblioteca



Imprimase:



POR Ing. Agr. Carlos F. Estrada Castillo

Decano

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
FACULTAD DE AGRICULTURA