

AGR
COOP
1983

020006

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS LLANOS ORIENTALES
FACULTAD DE AGRONOMIA

**EFFECTO E INTERACCION DEL NIVEL FREATICO Y LA FERTILIZACION
NITROGENADA EN LA PRODUCCION DEL CULTIVO DE SORGO**

Tesis de Grado presentada como
requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo

PEDRO CUELLAR HERRERA
MIRAY SAAVEDRA ALVAREZ

Villavicencio, 1983

U
L
- - -

HUMBERTO RIVEROS CASTRO

Rector

FIDEL ANTONIO HUERTAS B

Vice-rector

FIDEL ANTONIO HUEPTAS B

Secretario General (E)

HERNAN GIRADO VIATELA

Decano Facultad de In-

geniería Agronómica

RUBEN ALIRIO GARAVITO NEIRA

Presidente de Tesis

JORGE MUÑOZ AGUILERA

Jurado

JORGE CASTRO CASTILLO

Jurado

" El Presidente de Tesis y el Consejo
examinador de grado, no serán res-
ponsables de las ideas emitidas por
los candidatos"

NOTA DE ACEPTACION

APROBADA

JURADO



A handwritten signature, possibly 'M. S. ...', written in black ink. The signature is somewhat stylized and partially obscured by a horizontal line.



A handwritten signature, possibly 'Martín', written in black ink. The signature is written in a cursive style and is positioned below a horizontal line.

Villavicencio, marzo de 1983

AGRADECIMIENTOS

Nuestro reconocimiento y gratitud a

RUBEN ALIRIO GARAVITO N , M Sc en Riegos y Drenajes, Asesor principal de la tesis, por sus orientaciones y decidido apoyo

JORGE ORTEGA, M Sc en Suelos, por sus oportunas sugerencias durante el desarrollo del experimento

INSTITUTO DE MERCADEO AGROPECUARIO, IDEMA, por facilitar sus instalaciones para llevar a cabo el experimento

AURORA AGUILERA H , Secretaria Ejecutiva, por la transcripción a máquina del presente trabajo

BENJAMIN VASQUEZ R , por su valiosa colaboración en el trabajo fotográfico

LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS LLANOS ORIENTALES, especialmente a la Facultad de Ingeniería Agronómica, por habernos facilitado la oportunidad para adelantar estudios hasta la obtención del título profesional

Todas aquellas personas que de una u otra forma intervinieron en la ejecución de esta tesis

TABLA DE CONTENIDO

	Página	
1	INTRODUCCION	1
2	REVISION DE LITERATURA	4
2 1	EL AGUA DEL SUELO	5
2 2	CONSUMO DE LA HUMEDAD DEL SUELO POR LA VEGETACION	7
2 3	INFLUENCIA DEL NIVEL FREATICO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CULTIVOS	8
2 4	REQUERIMIENTOS DE AGUA POR EL SORGO	10
2 5	FERTILIZACION EN SORGO	10
3	MATERIALES Y METODOS	13
3 1	LOCALIZACION	13
3 2	EPOCA	13
3 3	MATERIALES	13
3 4	DISEÑO EXPERIMENTAL	15
3 5	VARIABLES	15
3 6	ESPECIFICACION DE LOS TRATAMIENTOS	17
3 7	DISEÑO DE CAMPO	18
3 8	MANEJO	19
4	RESULTADOS Y DISCUSION	24
4 1	EFFECTO DEL NIVEL FREATICO EN LA PRODUCCION DE SORGO	24

	Página	
4 2	EFEECTO DE FERTILIZACION NITROGENADA EN LA PRO- DUCCION DE SORGO	27
4 3	EFEECTO DEL NIVEL FREATICO EN LA ALTURA DE SORGO A LA EDAD DE 30 DIAS	29
4 4	EFEECTO DEL NIVEL FREATICO EN LA ALTURA DE SORGO A LA EDAD DE 60 DIAS Y EN LA TERMINACION DE SU CICLO PRODUCTIVO	31
4 5	EFEECTO DE LA FERTILIZACION EN LA ALTURA DEL SORGO A LA EDAD DE 30 DIAS 60 DIAS Y A LA TER- MINACION DE SU CICLO PRODUCTIVO	34
5	CONCLUSIONES	46
6	RESUMEN	48
	BIBLIOGRAFIA	50
	APENDICE A	
	APENDICE B	
	APENDICE C	
	APENDICE D	
	APENDICE E	
	APENDICE F	

LISTA DE FIGURAS

		Página
FIGURA 1	Efecto del nivel freático en la producción del sorgo	25
FIGURA 2	Efecto del nivel freático en la producción de sorgo en suelo con diferentes dosis de Nitrógeno	26
FIGURA 3	Respuesta del sorgo a la fertilización Nitrogenada en la presente investigación	28
FIGURA 4	Producción de sorgo en relación a fertilización nitrogenada, para diferentes profundidades del nivel freático	30
FIGURA 5	Efecto del nivel freático en la altura del cultivo de sorgo a la edad de treinta días	32
FIGURA 6	Efecto del nivel freático en la altura del sorgo en suelos con diferentes niveles de nitrógeno	33

FIGURA 7	Efecto del nivel freático en la altura del sorgo a la edad de treinta días	35
FIGURA 8	Efecto del nivel freático en la altura del sorgo en suelos con diferentes dosis de nitrógeno	36
FIGURA 9	Efecto del nivel freático en la altura del sorgo a la terminación de su ciclo	37
FIGURA 10	Efecto del nivel freático en la altura del sorgo en suelos con diferentes dosis de nitrógeno a la terminación de su ciclo	38
FIGURA 11	Altura de sorgo en relación a fertilización nitrogenada para diferentes profundidades de nivel freático a la edad de treinta días	40
FIGURA 12	Efecto de la fertilización nitrogenada en la altura del sorgo a la edad de treinta días	41

FIGURA 13	Altura del sorgo en relación a fertilización nitrogenada para diferentes profundidades del nivel freático a la edad de sesenta días	42
FIGURA 14	Efecto de la fertilización nitrogenada en la altura del sorgo a la edad de sesenta días	43
FIGURA 15	Altura del sorgo en relación a fertilización nitrogenada para diferentes profundidades de nivel freático	44
FIGURA 16	Respuesta de la altura del sorgo a la fertilización nitrogenada en la presente investigación	45

LISTA DE TABLAS

TABLA A	Efecto de la profundidad de diferentes niveles freáticos en la producción de sorgo, en gramos por parcela, con un contenido de humedad del catorce por ciento
TABLA B	Efecto de los diferentes niveles de fertilización nitrogenada en la producción de sorgo, en gramos por parcela, con un contenido de humedad del catorce por ciento
TABLA C 1	Efecto de la profundidad de diferentes niveles freáticos en la altura, medida en centímetros, de la planta de sorgo a los treinta días de edad
TABLA C 2	Efecto de la profundidad de diferentes niveles freáticos en la altura, medida en centímetros, de la planta de sorgo a los sesenta días de edad
TABLA C 3	Efecto de la profundidad de diferentes niveles freáticos en la altura, medida en centímetros, de la planta de sorgo al final de su ciclo

TABLA D 1	Efecto de los diferentes niveles de fertilización nitrogenada en la altura, medida en centímetros, de la planta de sorgo a los treinta días de edad
TABLA D 2	Efecto de los diferentes niveles de fertilización nitrogenada en la altura, medida en centímetros, de la planta de sorgo a los sesenta días de edad
TABLA D 3	Efecto de los diferentes niveles de fertilización nitrogenada en la altura, medida en centímetros, de la planta de sorgo al final de su ciclo
TABLA E 1	Análisis de varianza para los datos de producción de sorgo consignados en las Tablas A y B
TABLA E 2	Análisis de varianza para los datos de altura de la planta de sorgo a la edad de treinta días, consignados en las Tablas C 1 y D 1
TABLA E 3	Análisis de varianza para los datos de altura de la planta de sorgo a la edad de sesenta días, consignados en las Tablas C 2 y D 2

TABLA E 4 Análisis de varianza para los datos de altura de la planta de sorgo al final de su ciclo, consignados en las tablas C 3 y D 3

TABLA F 1 Información acerca del sitio donde se tomó la muestra

TABLA F 2 Análisis del suelo

1. INTRODUCCION

Los llanos Orientales de Colombia son uno de los mayores potenciales agrícolas del país

No obstante, el problema de anegamiento en la época de invierno, y sequía en el verano, nos hace pensar en un manejo adecuado de los recursos hídricos de la región

Se ha investigado intensamente el campo de las propiedades químicas y de la fertilidad de los suelos, descuidando quizá la parte más importante para el desarrollo adecuado de las plantas, como es el suministro óptimo de agua para satisfacer los requerimientos evapotranspiratorios

Por lo anterior, se ha decidido iniciar investigaciones tendientes a obtener correlación entre humedad del suelo, fertilización nitrogenada y producción de los cultivos, para lo cual se escogió el sorgo como cultivo de vital importancia en la economía de la región

Habiéndose incrementado la importancia del cultivo del sorgo en nuestro país y, específicamente, en el departamento del Meta, se ha aumentado también la importancia de las investigaciones que buscan mejorar las producciones en este cultivo

Los suelos de vega del departamento del Meta, donde se cultiva el sorgo presentan generalmente niveles freáticos cerca de la superficie del suelo, siendo éste un factor importante que ha de intervenir en la producción del cultivo. Merece, pues, someter a estudio dicho factor para determinar la incidencia que presenta y la forma económica de manejarlo. Estos suelos poseen buena fertilidad, siendo tierras aptas para cultivos exigentes en nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) y susceptibles a la toxicidad del aluminio. El sorgo ha mostrado las mejores respuestas a la fertilización nitrogenada, por lo que sería interesante observar qué efecto sustitutivo presenta esta fertilización ante el efecto del nivel freático.

Pocas son las investigaciones efectuadas en el cultivo del sorgo y muchas las por hacer, especialmente en el campo de la ingeniería aplicada a la agricultura. Es frecuente que los investigadores enfoquen problemas específicos limitantes en la producción de los cultivos, por ejemplo, los especialistas en fertilidad de suelos enfocan el problema desde ese punto de vista y no suelen tener en cuenta lo referente a la ingeniería de los suelos, mientras que los ingenieros se limitan a experimentar en el campo de la ingeniería sin mezclar esto con otros factores de producción.

Así pues, es nuestra intención ocuparnos en nuestra experimentación de estos dos factores, en donde combinando niveles freáticos con fertilización nitrogenada, obtendremos datos y resultados valiosos.

que nos permita sacar conclusiones y formular algunas recomendaciones al respecto

Como objetivos principales tenemos los siguientes

- Medir el efecto de diferentes niveles freáticos en la producción
- Medir el efecto de diferentes niveles de fertilización nitrogenada en la producción
- Medir el efecto de la interacción de estas dos variables en la producción
- Comparar y analizar los diferentes efectos para obtener una escala de valores que nos permita dar recomendaciones con respecto a la profundidad del nivel freático y la fertilización nitrogenada

2 REVISION DE LITERATURA

La experiencia ha demostrado que tanto una localización superficial del agua freática como demasiado profunda pueden disminuir sustancialmente el crecimiento y la cosecha de los cultivos (Tschapek, 1966, Wessoling y Van Wijk, 1955, Groot y Dejaeger, 1969)

Por lo general la relación entre los niveles freáticos y la producción vegetal se considera en sus aspectos negativos, porque suele ser el problema más frecuente (Van't Wondt y Hagan, 1967), o porque el déficit hídrico se resuelve preferentemente mediante el riego, ignorando la fuente freática. Como consecuencia de esto, en la mayoría de los casos se determina la profundidad de los drenajes que satisfaga la demanda de aireación y enraizamiento del cultivo.

En otros casos esta profundidad ha sido recomendada con base en el aporte freático requerido para satisfacer la demanda evaporada de la vegetación, omitiendo los requisitos de aireación de los estratos superiores del suelo (Wind, 1955)

La relación entre el nivel freático y el desarrollo de los cultivos es compleja porque depende de las circunstancias agroecológicas, las cuales como se sabe, están animadas de un gran dinamismo. En efecto, el clima, el agua y el suelo, son tres componentes básicos del ambiente físico de la agricultura, los cuales, actuando integral-

mente y afectándose recíprocamente, condicionan la actividad vegetativa y la producción de los cultivos. La habilidad del ingeniero para intervenir y alterar racionalmente este medio ambiente para procurar mayores beneficios, se incrementa con una mejor comprensión de estas interrelaciones ecológicas y con la adopción juiciosa de formulaciones que descubran y cuantifiquen adecuadamente la acción de los principales factores involucrados en el fenómeno (Norero y Aguirre, 1978)

(Norero y Aguirre, 1978) presentan un análisis agrofísico de las relaciones entre la productividad de los cultivos y los niveles freáticos, tratando de conciliar en una función general los efectos negativos y positivos de la nepe freática, y de poner de manifiesto los principales factores edafoclimáticos involucrados. El modelo de interpretación así elaborado describió adecuadamente ciertas experiencias de drenaje en diversos cultivos y localidades.

2 1 EL AGUA DEL SUELO

2 1 1 Fuerzas que retienen el agua en el suelo

Si a un volumen de suelo saturado, se lo somete a la acción de las fuerzas de la gravedad, cederá agua libre o gravitacional. Un determinado volumen de agua quedaría sin embargo retenido por la acción capilar que depende de las fuerzas de adhesión sólido-agua y de

cohesión agua-agua. Un nivel freático alto, vecino a la superficie del suelo, delimita la zona de suelo saturada, con una presión positiva donde el agua es capaz de producir trabajo, de la zona no saturada, donde la presión capilar es negativa y se requiere invertir trabajo para extraer agua del suelo. Si a un suelo con nivel freático próximo a la superficie se le interrumpe la evaporación, el agua asciende por efecto de la capilaridad, hasta que se alcanzan condiciones de equilibrio, cuando la fuerza vertical hacia arriba iguala el peso de la columna de agua cuya altura es la distancia desde el plano freático (Grassi, 1975)

2.1.2 Definición de Nivel Freático

El nivel freático es aquel nivel en el suelo, donde la presión hidrostática es cero, tal como lo atestigüe el hecho de que en un pozo abierto a una profundidad suficiente, el agua se coloca o asienta, hasta justamente ese nivel. Se deduce que si se llega a un nivel de equilibrio la succión a una altura dada h sobre el nivel freático, está medida precisamente por la cabeza h , y el contenido de humedad (o sea la gráfica del contenido de humedad contra profundidad del suelo) es, en tales circunstancias, el reflejo de la característica de humedad del suelo y si esta última está ajustada o sujeta a histeresis, entonces también lo estará el equilibrio del perfil de humedad. En la naturaleza, el equilibrio del perfil de humedad puede ser raro, debido a los cambios rápidos del tiempo, pero propor-

ciona un punto de partida conveniente para discutir posteriormente los perfiles no constantes (Luthin, 1967)

2 2 CONSUMO DE LA HUMEDAD DEL SUELO POR LA VEGETACION

2 2 1 Profundidad de extracción radical

Las plantas toman agua del suelo y la profundidad de extracción depende de la especie vegetal natural o cultivada y de las características de perfil del suelo. En suelo profundo, sin limitaciones para la expansión radical, la especie vegetal define la profundidad de suelo explorable por las raíces. Al respecto, cultivos hortícolas del ciclo corto, difícilmente superan los 0,30 m, cultivos industriales productores de grano y fibras pueden llegar a 1,0 m, forrajeras permanentes como la alfalfa, superan 1,50 m, y frutales y forestales en estado adulto, alcanzan a más de 2,0 m. De no mediar otras limitaciones, en términos generales, el desarrollo radical presenta la forma de la Figura 1, o sea un triángulo equilátero con el vértice hacia abajo. En tal caso si dividimos en cuatro partes la profundidad radical, las superficies parciales que resultan permiten establecer las áreas relativas de actividad o extracción radical en función de la profundidad. El perfil del suelo presenta en ocasiones severas limitaciones al crecimiento radical por la presencia de "duripanes", roca o grava gruesa, nivel freático alto, etc. que modifican sustancialmente el patrón de extracción de agua típico de la especie

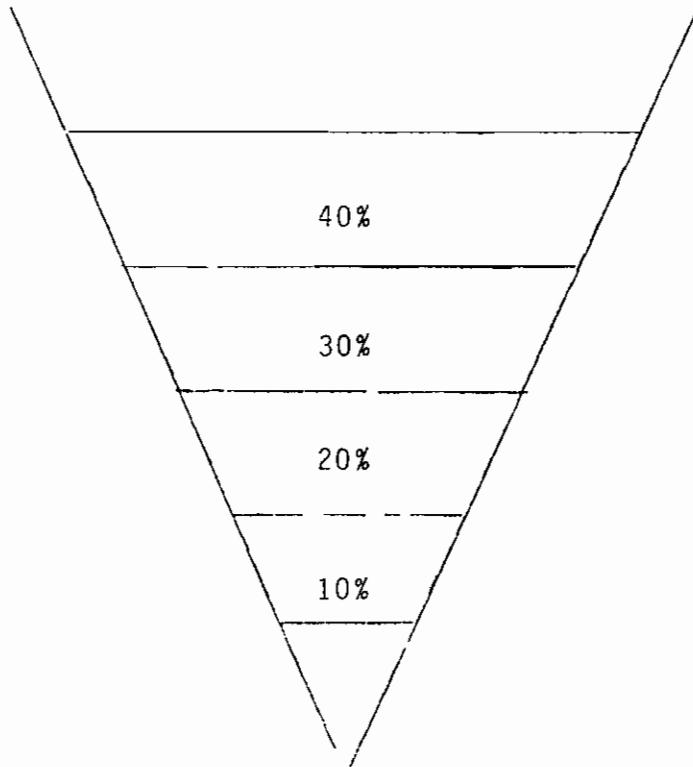


FIGURA 1 Esquema del Desarrollo Radical

La vegetación natural tiene hábitos radicales diversos, según las condiciones ecológicas. Las especies permanentes de regiones xerofíticas presentan un gran desarrollo de raíz y pueden ir muy profundamente en busca de agua. Las especies Freatófilas extraen sustanciales cantidades de agua de la freática, lo que resulta en un consumo, en ocasiones absolutamente inútil para el proyecto. (Grassl, 1975)

2.3 INFLUENCIA DEL NIVEL FREÁTICO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CULTIVOS

La influencia del nivel freático en la productividad de los cultivos puede estudiarse analizando primero separadamente sus efectos positivos y negativos. Aclaradas estas relaciones al menos en sus aspectos fundamentales, podrá intentarse posteriormente su integración o síntesis en una representación única. La Figura 2 ilustra esquemáticamente tres situaciones, según la profundidad relativa entre el nivel freático, \underline{W} , y el sistema radicular de un cultivo, \underline{D} . En (a) el nivel freático \underline{W}_a está muy profundo en relación a la zona de enraizamiento. El flujo capilar asciende, \underline{F}_a , es escaso y su contribución a la economía hídrica del cultivo, despreciable. Si los aportes superficiales de agua son limitados y la capacidad de retención de humedad del suelo es baja, el cultivo se desarrollará en condiciones desmedradas. La aireación del suelo será adecuada, pero su volumen edáfico, a pesar de ser amplio, será utilizada insuficientemente por falta de agua. En estas condiciones el paulatino ascenso

de la napa freática sobre W_a contribuirá un flujo progresivamente mayor hasta que al alcanzar cierta profundidad, W_b su contribución, sumada a los aportes externos y a las reservas hídricas del suelo, podrá suplir totalmente la demanda de agua del cultivo. La fluctuación del manto freático entre W_a y W_b redundará entonces positivamente en la producción del cultivo. El suelo estaría aún perfectamente aireado, el volumen edáfico será considerablemente y su utilización, a los fines de la nutrición mineral del cultivo, óptima (caso b). Si el nivel freático continúa ascendiendo de W_b a W_a el sistema radicular será gradualmente restringido, por asfixia, a las capas cada vez más superficiales del suelo (caso c). En estas condiciones el aporte de agua de la napa, F_c , será más abundante pero superfluo, la oxigenación de las raíces será deficiente, lo que unido al menor volumen edáfico aprovechable, perjudicará la absorción mineral necesaria, y la posible acumulación de sales, originada en la evaporación del agua en la superficie, podrá ser excesiva. La fluctuación freática de W_b a W_c resultará por consiguiente, negativa en la producción del cultivo. Estas condiciones expresan las dos premisas básicas de este análisis a saber:

- a) El efecto positivo de un nivel freático en la producción depende de su contribución al balance hídrico del suelo.
- b) El efecto negativo del nivel freático depende de la restricción que impone en la nutrición mineral del cultivo. (Aguirre y No-

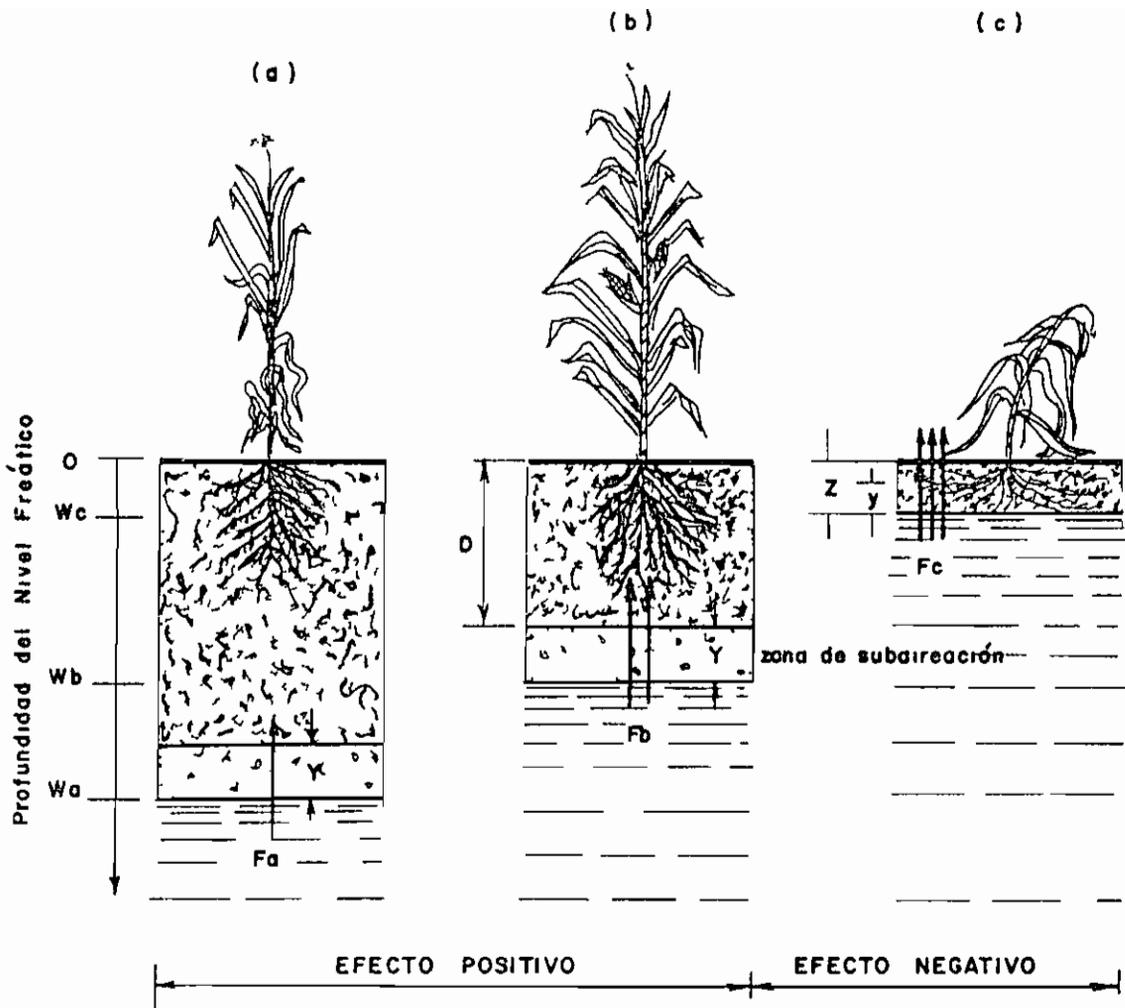


FIGURA 2 ESQUEMA PARA LA INTERPRETACION DE LA INFLUENCIA A NIVEL FREATICO EN LA PRODUCTIVIDAD DE LOS CULTIVOS (Aguirre y Norero 1977)

nero, 1977)

2 4 REQUERIMIENTOS DE AGUA POR EL SORGO

Según Kornerup (1968), el sorgo se puede sembrar en zonas donde las lluvias son insuficientes para el desarrollo del maíz y otros cultivos, ya que soporta altas temperaturas y prolongados períodos de sequía. Crece favorablemente con precipitaciones medias anuales de 430 a 630 mm, lo cual no quiere decir que no se desarrolle bien con lluvias abundantes, siempre y cuando se evite el encharcamiento.

Hablando de las necesidades de drenaje, Romero (1978) dice que posiblemente este es el factor más importante, puesto que el sorgo lo mismo que el maíz, no resiste encharcamiento. Según él, en condiciones de bosque húmedo tropical, como es el caso de los Llanos Orientales, con precipitaciones aproximadas de 3 000 mm promedio al año, se puede cultivar sorgo en forma eficiente siempre y cuando se cuente con un adecuado sistema de drenajes ya sea natural o introducido.

2 5 FERTILIZACION EN SORGO

Este cultivo no es muy exigente en cuanto a la fertilidad, sin embargo, ha dado respuesta a la fertilización nitrogenada (Rome-

ro, 1978)

Wickman y colaboradores (1970), para la producción de cinco toneladas de grano y siete toneladas de tallos, hojas y raíces reportan una extracción de nutrimentos de 160, 75 y 135 kilogramos de N, P₂O₅ y K₂O por hectárea respectivamente, de los cuales corresponden al grano 75, 45 y 20 kilogramos de N, P₂O₅ y K₂O por hectárea en el mismo orden

En general, la fertilidad de los suelos destinados al cultivo del sorgo en Colombia, tomando como muestra representativa los resultados de análisis de suelos solicitados para este cultivo hasta 1974, se puede estimar como mediana, con altas probabilidades de respuesta al nitrógeno aplicado ya que el 74% presenta el pH entre 5,6 y 7,3, el 83% tiene menos de 5% de materia orgánica, el 56% es alto en fósforo y el 65% es alto en potasio. Al promediar los datos de tres ensayos efectuados en Girón (Santander), se observó una ligera respuesta a las aplicaciones de nitrógeno al suelo, fósforo y potasio, comparando las dosis externas. Sin embargo, los incrementos obtenidos en la producción de grano de sorgo no son económicamente justificables. El nitrógeno se aplicó fraccionado, un tercio al momento de la siembra y los dos tercios restantes treinta días después. En el sur del departamento del Cesar, se realizaron ensayos en suelos bajos en fósforo y potasio y en suelos altos en ambos nutrientes. El efecto del nitrógeno aplicado a los dos tipos de suelo no fue notorio, aun-

que sí se observó influencia directa sobre el crecimiento, es probable que estos aumentos en altura y número y tamaño de hojas ocasionan gastos energéticos que repercuten en disminución de grano (Quintero, 1978)

En un ensayo realizado en la Estación Agropecuaria de Nataima, de Espinal (Tolima) por el Programa de Suelos del ICA, se trataba de determinar la fuente y dosis de nitrógeno eficiente para el cultivo del sorgo. Los datos de este ensayo, reportados por Cepeda (1973) y consignados en la tabla 1 indican que la mejor fuente nitrogenada para este cultivo en este suelo fue el nitrato de amonio (25% de N), la diferencia promedio con la Urea (45% de N) fue relativamente poca y dada la mayor concentración de nitrógeno en la urea y las ventajas que esto conlleva en lo que a transporte se refiere, es lógico pensar que es más conveniente el uso de la urea. Observando el efecto de las diferentes dosis utilizadas, según la tabla No 1, la más conveniente económicamente es la de 50 kilogramos por hectárea usando como fuente la urea y aplicándose fraccionadamente en dos partes, un tercio al momento de la siembra y los dos tercios restantes cuando el sorgo alcance una altura de 50 centímetros, aproximadamente

TABLA 1 Efecto de dosis y fuentes de nitrógeno sobre la producción del sorgo NK-275 (Cepeda, R , 1973)

N Kg/Há	PRODUCCION DE CRANO EN Kg/Há		
	Urea	Sulfato de amonio	Nitrato de amonio
50	4310	3861	3682
75	3861	3591	4400
100	3592	3602	4041
125	3412	3502	4310
150	3951	4021	3771
PROMEDIO	3825	3731	4092

=====

3 MATERIALES Y METODOS

3 1 LOCALIZACION

El presente trabajo experimental se realizó en un terreno ubicado en las instalaciones del Instituto de Mercadeo Agropecuario, en las afueras de la ciudad de Villavicencio

3 2 EPOCA

Fecha de iniciación	Septiembre de 1981
Fecha de terminación	Febrero de 1982

3 3 MATERIALES

Se utilizaron para la siembra

3 3 1 Seis metros cúbicos de suelo de vega, arado y rastillado, facilitado por el Colegio Adventista de su finca ubicada en Bocas de Guayuriba, con las siguientes características

Suelo de vega del río Guayuriba, apto para el cultivo de sorgo y que presenta, durante la mayor parte del año, niveles freáticos que van desde 1,0 a 0,2 metros de profundidad, textura Franco limosa, Clasificación taxonómica Entic tropacuept

- 3 3 2 Sesenta costales de polipropileno de 60 cm x 90 cm, cada uno de los cuales, relleno con suelo, que constituyeron una parcela individual
- 3 3 3 Bolsas de polietileno grueso Estas son las encargadas de retener el agua para mantener el nivel deseado Su tamaño depende del ancho del costal y de la profundidad del nivel freático, es decir, bolsas de tres longitudes diferentes, quince de cada una
- Además se utilizaron
- 3 3 4 Treinta metros de manguera para el suministro de agua
- 3 3 5 Estribas de madera para evitar encharcamientos y pudrición de los costales
- 3 3 6 Fertilizantes en cantidades suficientes La primera fertilización se hizo con cal, calfos y según el análisis de suelo, la fertilización de nitrógeno fue posterior y fraccionada, usando como fuente la úrea
- 3 3 7 Plaguicidas, se usó DDVP 50%, Malathion y Aldrin, según las necesidades de controlar plagas y Dithane M-45, para prevenir enfermedades

3 3 8 Semilla de sorgo del híbrido F-57 muy utilizado comercialmente, cuyas características principales son las siguientes

Es tolerante a las enfermedades foliares causadas por Cercospora Sorghi y Helminthosporium sp, moderadamente tolerante a la roya causada por Puccinia sp y a la pudrición basal de la panoja, Coletotrichum graminicola Es tolerante a la afección del virus de mosaico y moderadamente tolerante a la pudrición carbonosa del tallo, Macrophomina phaseoli Es moderadamente tolerante al daño de Diatraea sp

La altura de la planta es de 1 30 a 1 50 mts panoja abierta, espigas con aristas, tallo vigoroso, hojas anchas, de consistencia acartonada y color verde claro, con la nervadura central de color crema Sistema radicular abundante muy buena resistencia al vuelco

3 4 DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue a base de un modelo factorial, con tres replicaciones

3 5 VARIABLES

Primer factor Nivel freático F

3 5 1 Niveles

25 cms de profundidad	F ₁
50 cms de profundidad	F ₂
75 cms de profundidad	F ₃
Sin nivel de agua	F ₀

Segundo factor Fertilización Nitrogenada N

3 5 2 Niveles

0	Kg N/há	N ₀
50	Kg N/há	N ₁
100	Kg N/há	N ₂
150	Kg N/há	N ₃
200	Kg N/há	N ₄

3 6 ESPECIFICACION DE LOS TRATAMIENTOS

Tratamiento	Profundidad NF cm	Nitrogeno Kg/Ha	Identifica- ción
1	25	0	F ₁ N ₀
2	25	50	F ₁ N ₁
3	25	100	F ₁ N ₂
4	25	150	F ₁ N ₃
5	25	200	F ₁ N ₄
6	50	0	F ₂ N ₀
7	50	50	F ₂ N ₁
8	50	100	F ₂ N ₂
9	50	150	F ₂ N ₃
10	50	200	F ₂ N ₄
11	75	0	F ₃ N ₀
12	75	50	F ₃ N ₁
13	75	100	F ₃ N ₂
14	75	150	F ₃ N ₃
15	75	200	F ₃ N ₄
16	Ninguna	0	F ₀ N ₀
17	Ninguna	50	F ₀ N ₁
18	Ninguna	100	F ₀ N ₂
19	Ninguna	150	F ₀ N ₃
20	Ninguna	200	F ₀ N ₄

3 7 DISEÑO DE CAMPO

R ₁		R ₂		R ₃	
F ₁	N ₀	F ₁	N ₄	F ₀	N ₄
F ₁	N ₁	F ₂	N ₀	F ₂	N ₁
F ₁	N ₂	F ₁	N ₂	F ₃	N ₄
F ₁	N ₃	F ₃	N ₀	F ₁	N ₃
F ₁	N ₄	F ₂	N ₃	F ₃	N ₂
F ₂	N ₀	F ₀	N ₁	F ₃	N ₃
F ₂	N ₁	F ₁	N ₀	F ₁	N ₁
F ₂	N ₂	F ₁	N ₃	F ₃	N ₁
F ₂	N ₃	F ₂	N ₄	F ₂	N ₃
F ₂	N ₄	F ₀	N ₂	F ₀	N ₂
F ₃	N ₀	F ₃	N ₃	F ₀	N ₀
F ₃	N ₁	F ₀	N ₃	F ₁	N ₀
F ₃	N ₂	F ₃	N ₄	F ₂	N ₂
F ₃	N ₃	F ₀	N ₀	F ₃	N ₀
F ₃	N ₄	F ₀	N ₄	F ₁	N ₂
F ₀	N ₀	F ₁	N ₁	F ₁	N ₄
F ₀	N ₁	F ₂	N ₂	F ₀	N ₁
F ₀	N ₂	F ₃	N ₂	F ₂	N ₀
F ₀	N ₃	F ₃	N ₁	F ₂	N ₄
F ₀	N ₄	F ₂	N ₁	F ₀	N ₃

R Repeticiones
 N Niveles de N
 F Profundidad NF

3 8 MANEJO

3 8 1 Antes de la Siembra

Se realizó la primera fertilizada para corregir pH y deficiencias de P, usando como fuentes cal y calfos en las cantidades que señala el análisis químico de suelos respectivo. Esta fertilización se hizo una vez llenados los costales que constituyen las parcelas individuales, incorporando hasta una profundidad de 25 cm. El área del suelo fue de 1 000 cm² por cada parcela así constituida.

El experimento se conformó según lo dispuesto en el diseño de campo sobre estibas de madera que evitaran los encharcamientos. Cada costal estuvo enfundado en una bolsa de polietileno grueso de cualquiera de los tres tamaños, según la profundidad del nivel freático, o en ninguna para los tratamientos que no tienen ningún nivel freático.

A partir de este momento se comenzó a mantener los niveles freáticos de los tratamientos, aportando agua todos los días mediante una manguera dentro de las bolsas de polietileno.

3 8 2 Siembra

Se sembró semilla del híbrido E-57 para finalmente estable-

cer tres plantas por costal o parcela, sobre una línea central a 15 cm de distancia, lo cual equivale a una densidad de 300 000 plantas por hectárea en surcos

3 8 3 Riego Superficial

Se suministró según las necesidades, en la misma cantidad para todas las parcelas, procurando mantener un régimen diario de 0,5 litros para 1 000 cm²

3 8 4 Aporte a la Freática

Se hizo en la forma descrita en el numeral 3 8 1 procurando mantener constante el nivel establecido

3 8 5 Fertilización Nitrogenada

Se realizó según los tratamientos, teniendo en cuenta el área del suelo 1 000 cm² Esta fertilización se hizo fraccionada de la siguiente manera un tercio, siete días después de la germinación y dos tercios, treinta y cinco días después de la germinación

3 8 6 Fertilización de cada Parcela

Se realizó teniendo en cuenta el análisis del suelo, consig-

nado en el apéndice F y las recomendaciones de Owen y Sánchez (1980) que relacionamos a continuación

Maíz y Sorgo (suelos clase I y II)

Ca1 (1) F	N (2) Kg/há	P (B II) ppm	P ₂ O ₅ (3) Kg/há	K meq/100	K ₂ O (4) Kg/há
1.5	50-100	> 15	50-75	> 0.15	50-75
		15 - 30	25-50	0.15-0.30	25-50
		< 30	0-25	< 0.30	0-25

=====

- (1) 1,5 ton/há de Ca1 x meq/100 gr de Al aplicado al voleo en pre-
siembra incorporado
- (2) Un tercio a los siete días después de germinado y dos tercios a
los treinta y cinco días después de germinado
- (3) Pre-siembra incorporado
- (4) La mitad a los siete días después de germinado y la otra mitad a
los treinta y cinco días después de germinado

Teniendo en cuenta lo anterior y el análisis de suelo, se fertilizó así

75 Kg P_2O_5

600 Kg Cal/há

K_2O no se aplicó según análisis de suelo

Llevando estos datos para un área de $1\ 000\ cm^2$ su equivalencia sería

5 gr calfos

3 gr cal

En la fertilización nitrogenada, que es una de nuestras variables tendríamos

N/há	N/1 000 cm^2	Urea/1 000 cm^2
5 Kgr	0 5 gr	1 1 gr
100 Kgr	1 gr	2 2 gr
150 Kgr	1 5 gr	3 3 gr
200 Kgr	2 gr	4 3 gr

3 8 7 Control Fitosanitario

El control de malezas se hizo a mano cuantas veces fue ne-

cesario en cuanto al control de palgas, se realizó una aplicación de DDVP 50% a los quince días de edad, para prevenir ataques de cogolletos. No hubo necesidad de controlar enfermedades.

3.8.8 Cosecha

Se realizó a mano, panoja por panoja, tan pronto fueron adquiriendo el grado óptimo de madurez.

3.8.9 Datos a tomar y evaluar

Se midió la producción, pesando las panojas con un contenido de humedad del grano de 14%.

Para hacer un seguimiento del cultivo y su crecimiento, se midió la altura de las plantas, cada semana, durante todo su ciclo vegetativo y reproductivo.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 EFECTO DEL NIVEL FREATICO EN LA PRODUCCION DE SORGO

Los resultados obtenidos para los diferentes niveles de fertilización se detallan en la Tabla B, con los cuales se construyó la gráfica No 2 donde se muestran individualmente las curvas de producción en relación al nivel freático para cada uno de los diferentes niveles de fertilización nitrogenada. La curva correspondiente a la aplicación de 200 kgs de N/há es la que muestra mayores diferencias de producción para los distintos niveles freáticos, notándose la mayor producción para el nivel más cercano a la superficie en comparación con las demás curvas como la correspondiente a cero Kgs N/há, la cual es casi horizontal.

Según la experiencia que se tiene con la napa freática en otros cultivos, como el maíz, era de esperar que en el sorgo también se presentara resultados negativos en la producción, es decir, bajos rendimientos a medida que el nivel de agua se fuera acercando a la superficie del suelo, sin embargo, según la curva de la gráfica No 1, con datos de la Tabla A, nos demuestra que el nivel más próximo a la superficie o sea 25 cms arrojó los mejores resultados, aunque las producciones para los distintos niveles freáticos, no arrojaron diferencias significativa, de acuerdo a la tabla C 1 que presenta el análisis de varianza, mostrando según esta investigación que un nivel

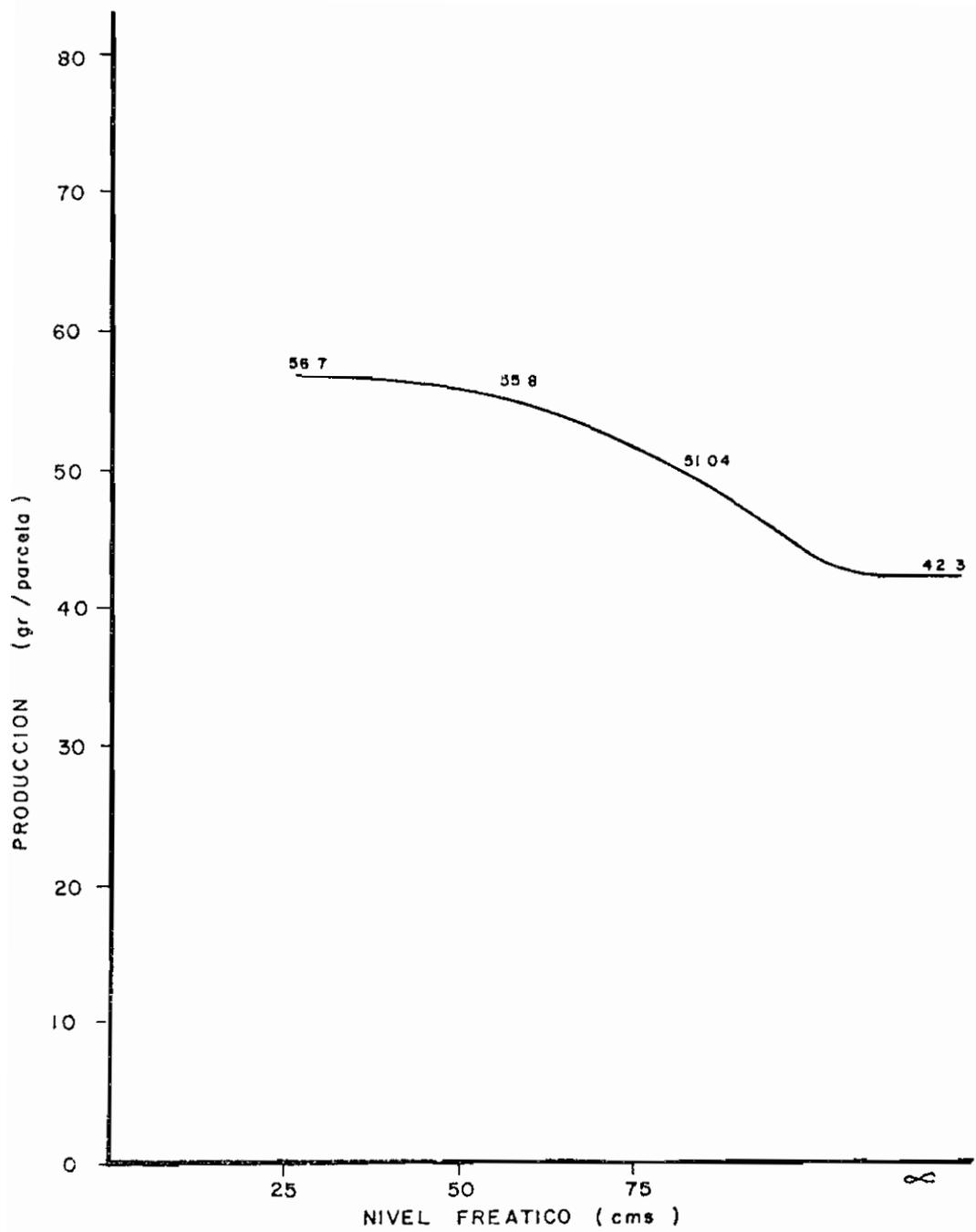


FIGURA 1 EFECTO DEL NIVEL FREATICO EN LA PRODUCCION DE SORGO

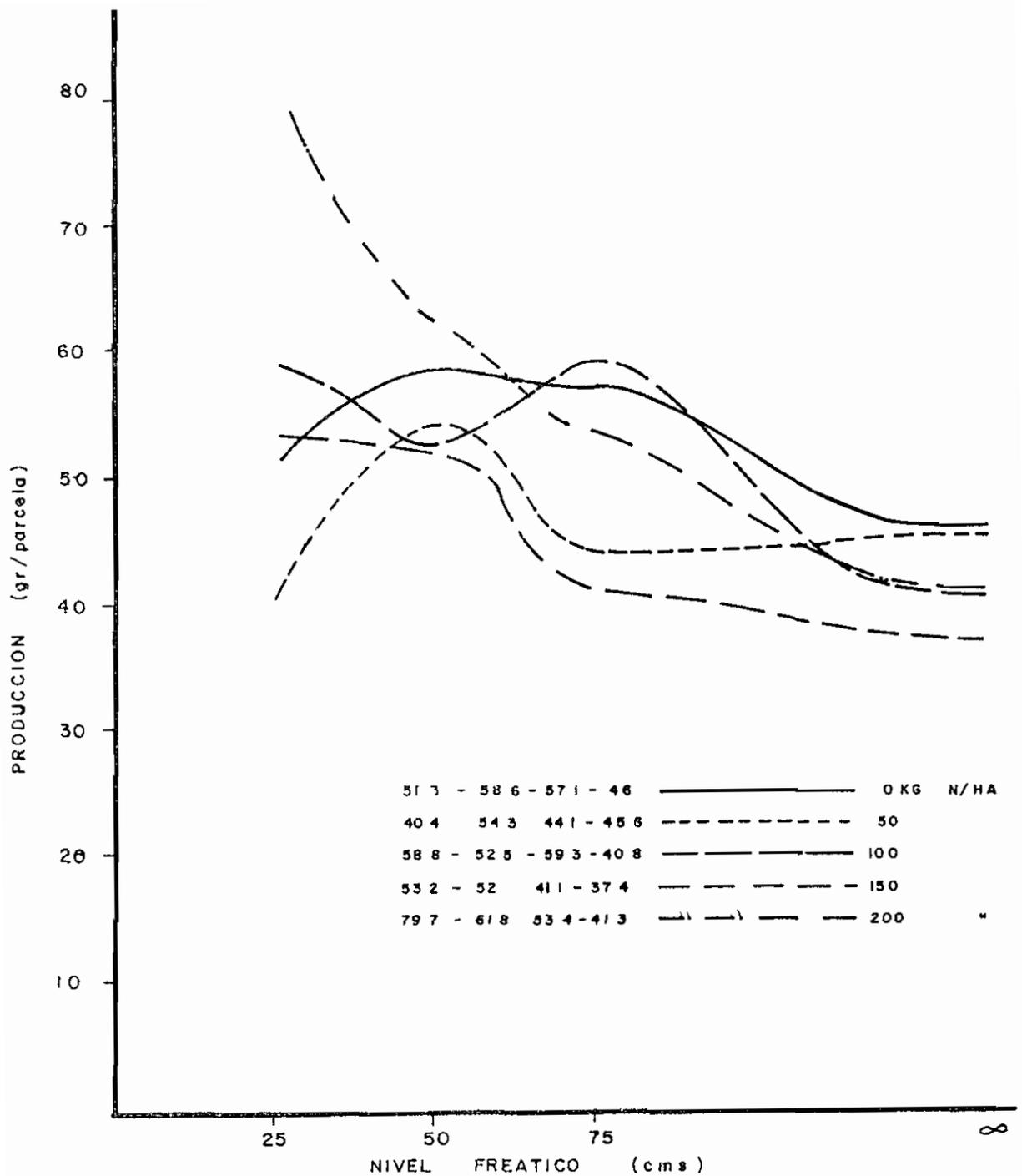


FIGURA 2 EFECTO DEL NIVEL FREATICO EN LA PRODUCCION DE SORGO EN SUELOS CON DIFERENTES DOSIS DE NITROGENO

freático alto de 25 cm no afecta negativamente la producción de sorgo, sino que más bien podríamos decir que el sorgo tiene buen comportamiento en producción con un nivel freático relativamente alto a la superficie del suelo

Es importante destacar según lo observado visualmente que el nivel freático afecta la profundidad de la raíz más no su crecimiento, porque la raíz no profundiza más allá del nivel de agua, pero sí se desarrolla dentro del volumen disponible de suelo, no afectándose de esta forma la toma de nutrientes como lo demuestran los niveles de producción

4.2 EFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA EN LA PRODUCCION DE SORGO

En la tabla B se consignan los resultados obtenidos al respecto, en este experimento que combinó fertilización de nitrógeno con nivel freático, previendo que se podría presentar una interacción o suplencia del nitrógeno respecto a los efectos negativos del nivel freático, interacción que no se presentó según resultados del análisis de varianza de la tabla E 1 ya que el nivel freático no actuó negativamente

Observando la gráfica No 3, donde la curva no ofrece mayores diferencias del nivel sino que tiende a seguir una secuencia hori-

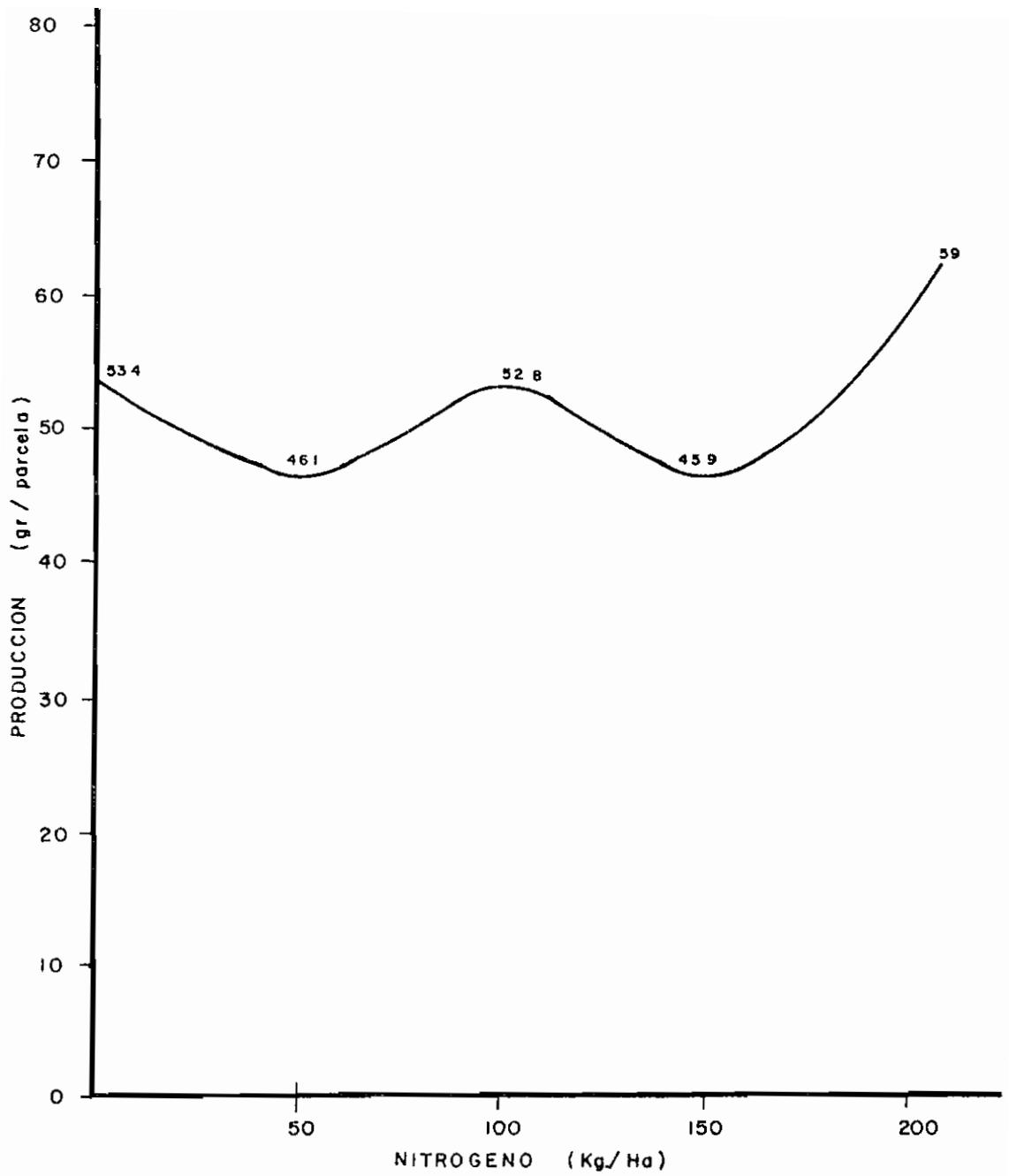


FIGURA 3 RESPUESTA DEL SORGO A LA FERTILIZACION NITROGENADA EN LA PRESENTE INVESTIGACION

zontal, muestra una respuesta mínima a las aplicaciones al suelo de nitrógeno

En la gráfica No 4 podemos observar que bajo un nivel freático de 25 cm la producción se incrementa a dosis altas de aplicación de nitrógeno, aunque dicha respuesta no es significativa según el análisis estadístico. Las demás curvas de la misma figura tienden a ser horizontales como la correspondiente a 50 cm de profundidad. Obsérvese que la curva del tratamiento sin nivel freático muestra menor producción para las dosis más altas de nitrógeno.

Las gráficas 3 y 4 se hicieron con base en los valores citados en la tabla B.

Esta investigación corrobora una vez más lo citado en la revisión de literatura respecto a la poca exigencia en cuanto a la fertilidad, aunque se han dado en el cultivo de sorgo respuesta a la fertilización nitrogenada (Romero, 1978).

4.3 EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA ALTURA DE SORGO A LA EDAD DE 30 DÍAS

Las figuras 5 y 6 muestran la altura de plantas en función de niveles freáticos diferentes. Los valores se presentan en las Tablas C y D y su análisis estadístico se reporta en la tabla E 2.

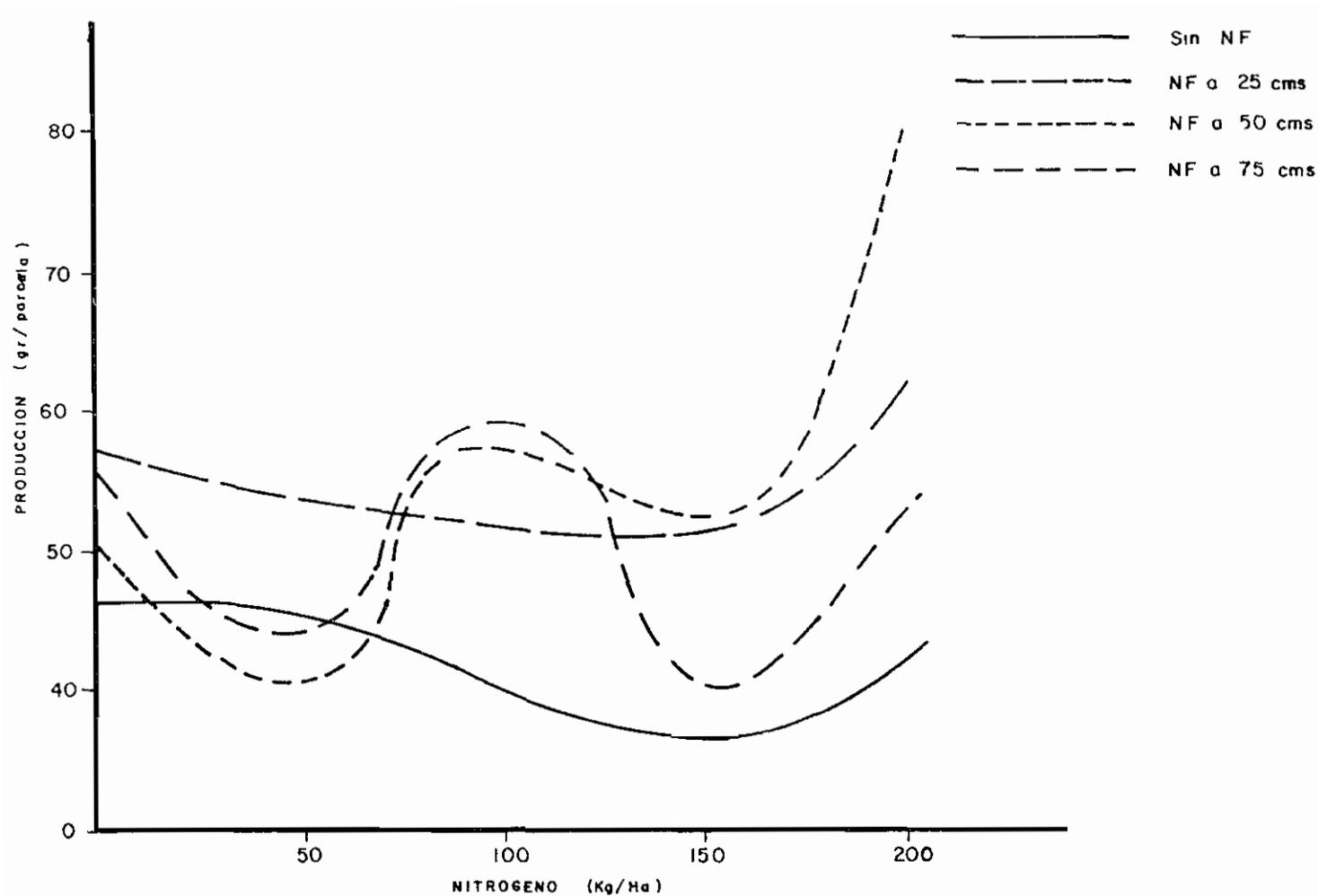


FIGURA 4 PRODUCCION DE SORGO EN RELACION A FERTILIZACION NITROGENADA PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES DEL NIVEL FREATICO

Dichos análisis y las figuras 5 y 6 indican que no existe efecto significativo de los diferentes niveles freáticos sobre la altura de las plantas

De acuerdo a estos resultados puede afirmarse que el cultivo del sorgo durante los primeros 30 días de edad, no se ve afectado en altura por niveles freáticos altos como tampoco a niveles profundos aunque si se nota en las figuras 5 y 6 un descenso de la curva de un nivel alto a uno bajo, descenso que hasta la edad de 30 días, no es significativo según Tabla C 2 de análisis de varianza

4.4 EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA ALTURA DE SORGO A LA EDAD DE 60 DÍAS Y EN LA TERMINACION DE SU CICLO PRODUCTIVO

Bajo condiciones de agricultura experimental se ha demostrado que tanto una localización superficial del agua freática como demasiado profunda, pueden disminuir sustancialmente el crecimiento y la cosecha de los cultivos según (Tschapek, 1966, Wesselin y Van Wijk, 1955, Groot y Dejaeger, 1969) Sin embargo, de acuerdo a las figuras 7, 8, 9 y 10, y a los valores que se presentan en las Tablas C 2, D 2, C 3 y D 3, se cumple lo de la disminución del crecimiento de la planta de sorgo en localizaciones profundas del nivel freático, pero este mismo proceso no se cumple para niveles freáticos cerca a la superficie como es el de 25 cm, donde las plantas llegan a su máxima altura, lo que nos indica un efecto positivo del nivel

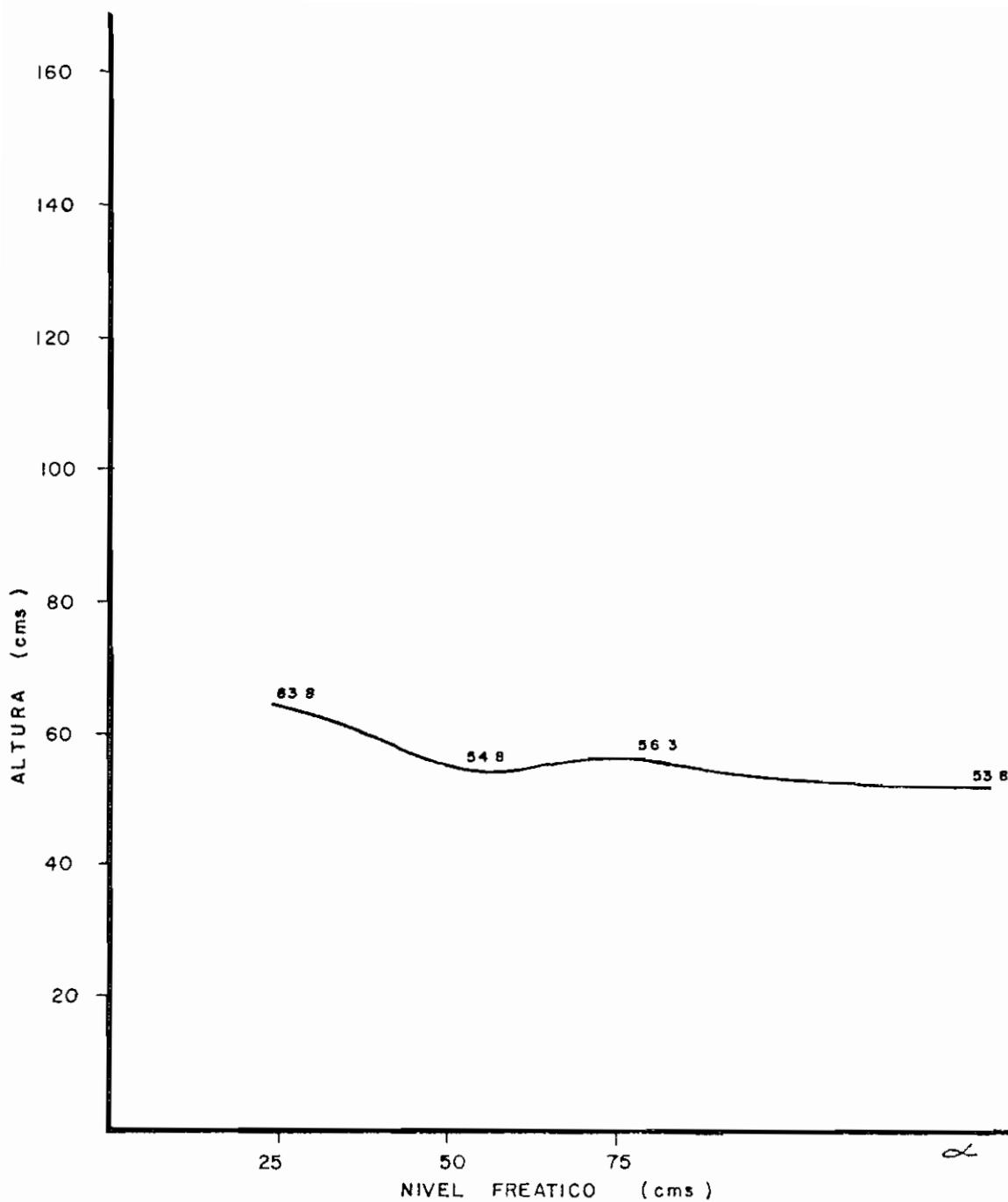


FIGURA 5 EFECTO DEL NIVEL FREATICO EN LA ALTURA DEL CULTIVO DEL SORGO A LA EDAD DE 30 DIAS

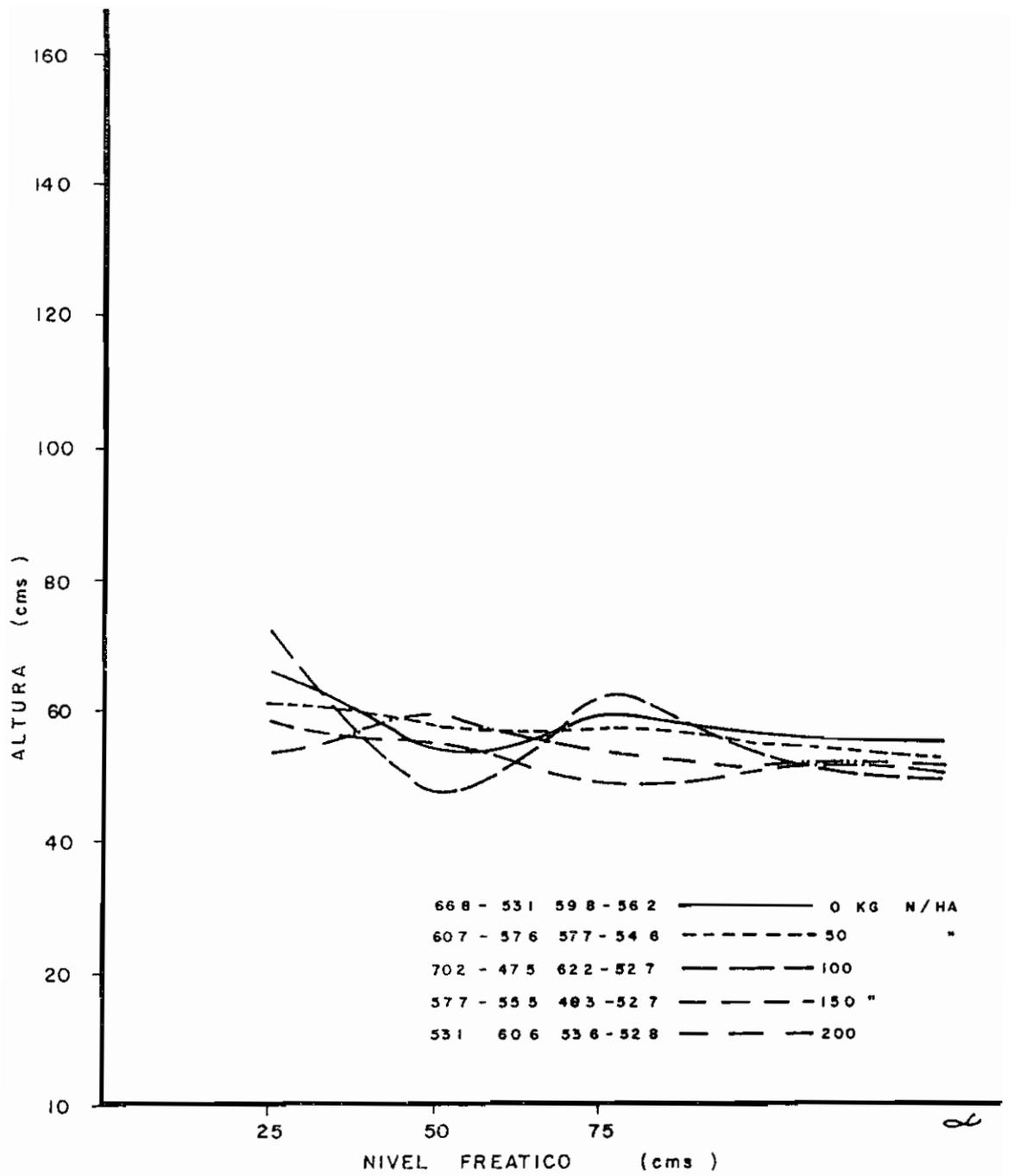


FIGURA 6 EFECTO DEL NIVEL FREATICO EN LA ALTURA DEL SORGO EN SUELOS CON DIFERENTES DOSIS DE NITROGENO

freático alto, respecto a la altura, pero negativo en cuanto a anclaje se refiere, ya que plantas muy altas en relación con su peso, se encuentran desproporcionadas, por lo tanto, tienden a volcarse

Los análisis estadísticos pueden ser observados en las tablas E 3 y E 4. Dichos análisis y las figuras 7, 8, 9 y 10 indican la existencia de efecto significativo del nivel freático sobre la altura de las plantas a partir de los 60 días de edad, hasta la terminación del ciclo productivo, lo que demuestra, según esta investigación que un nivel freático alto hasta de 25 cm no afecta negativamente la altura del sorgo

Los resultados obtenidos para los diferentes niveles freáticos se detallan en las tablas C 2, D 2, C 3 y D 3, con las cuales se graficaron las figuras 8 y 10, donde se muestran individualmente las curvas de altura Vs nivel freático para cada uno de los diferentes niveles de fertilización

4.5 EFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA EN LA ALTURA DEL SORGO A LA EDAD DE 30 DIAS Y A LA TERMINACION DE SU CICLO PRODUCTIVO

El efecto de la fertilización nitrogenada a los 30 días, 60 días y a la terminación de su ciclo sobre el crecimiento del sorgo puede observarse en las figuras 11, 12, 13, 14, 15 y 16. Los datos

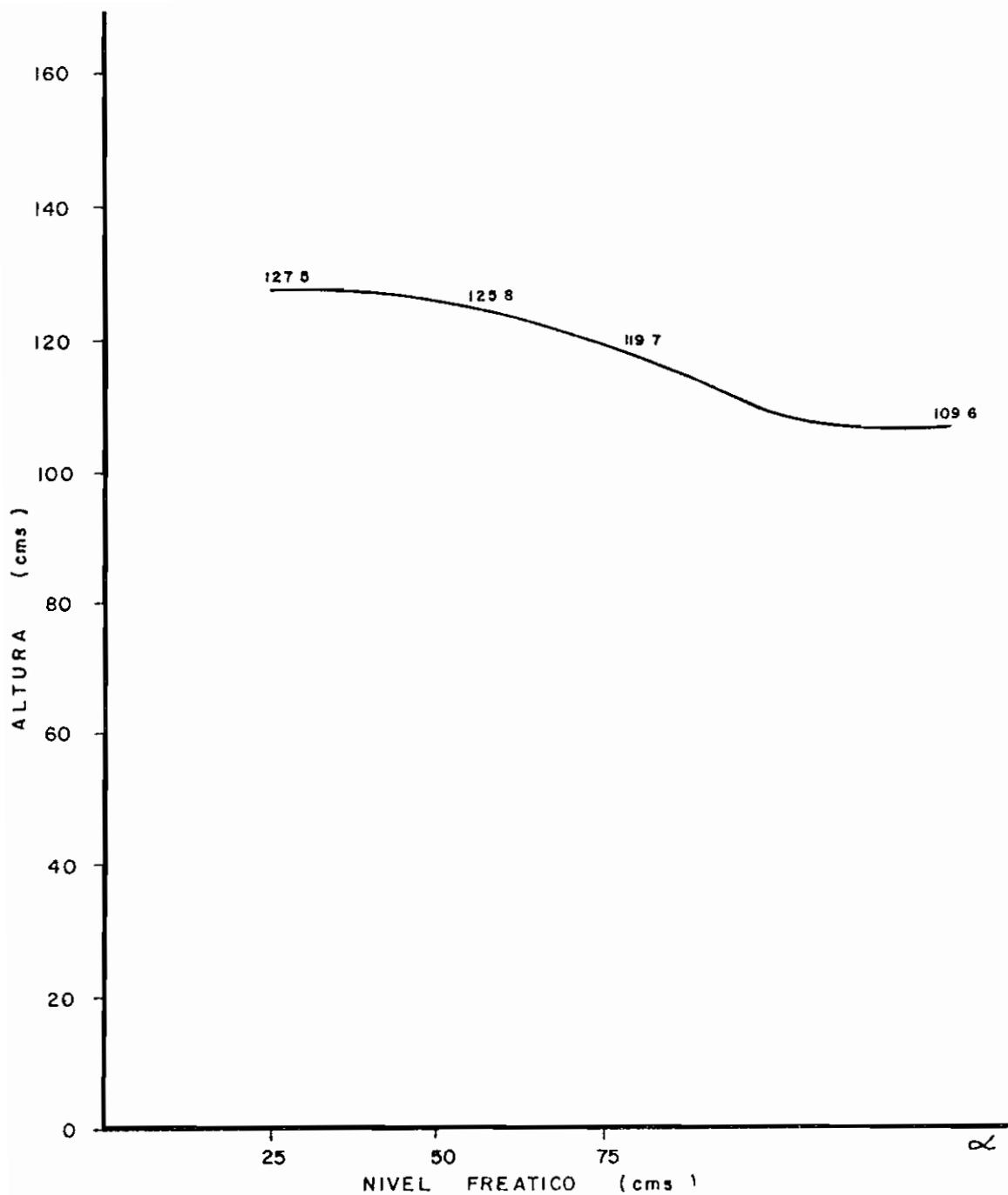


FIGURA 7 EFECTO DEL NIVEL FREATICO A LA ALTURA DEL SORGO A LA EDAD DE 60 DIAS

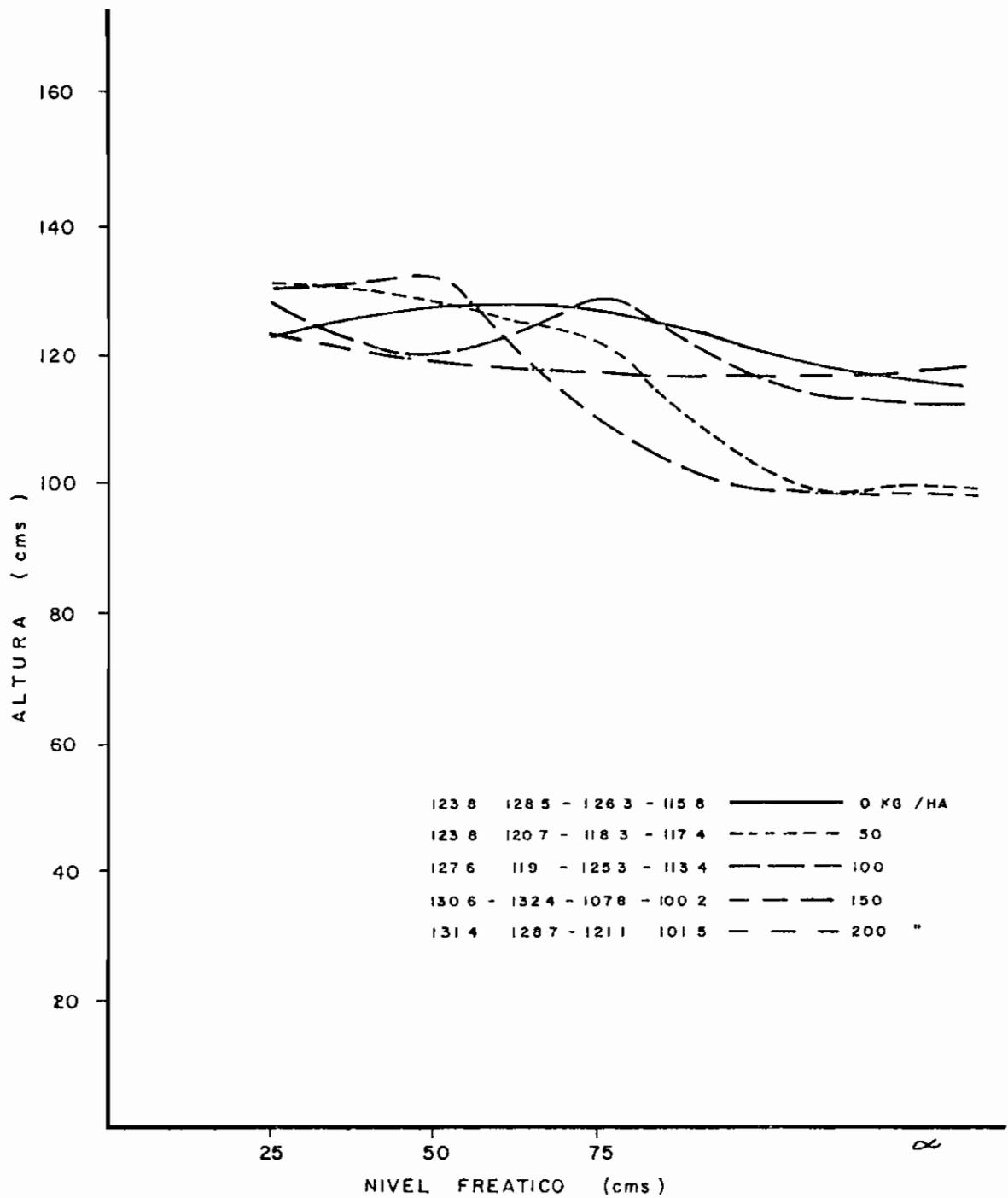


FIGURA 8 EFECTO DEL NIVEL FREATICO EN LA ALTURA DEL SORGO EN SUELOS CON DIFERENTES DOSIS DE NITROGENO

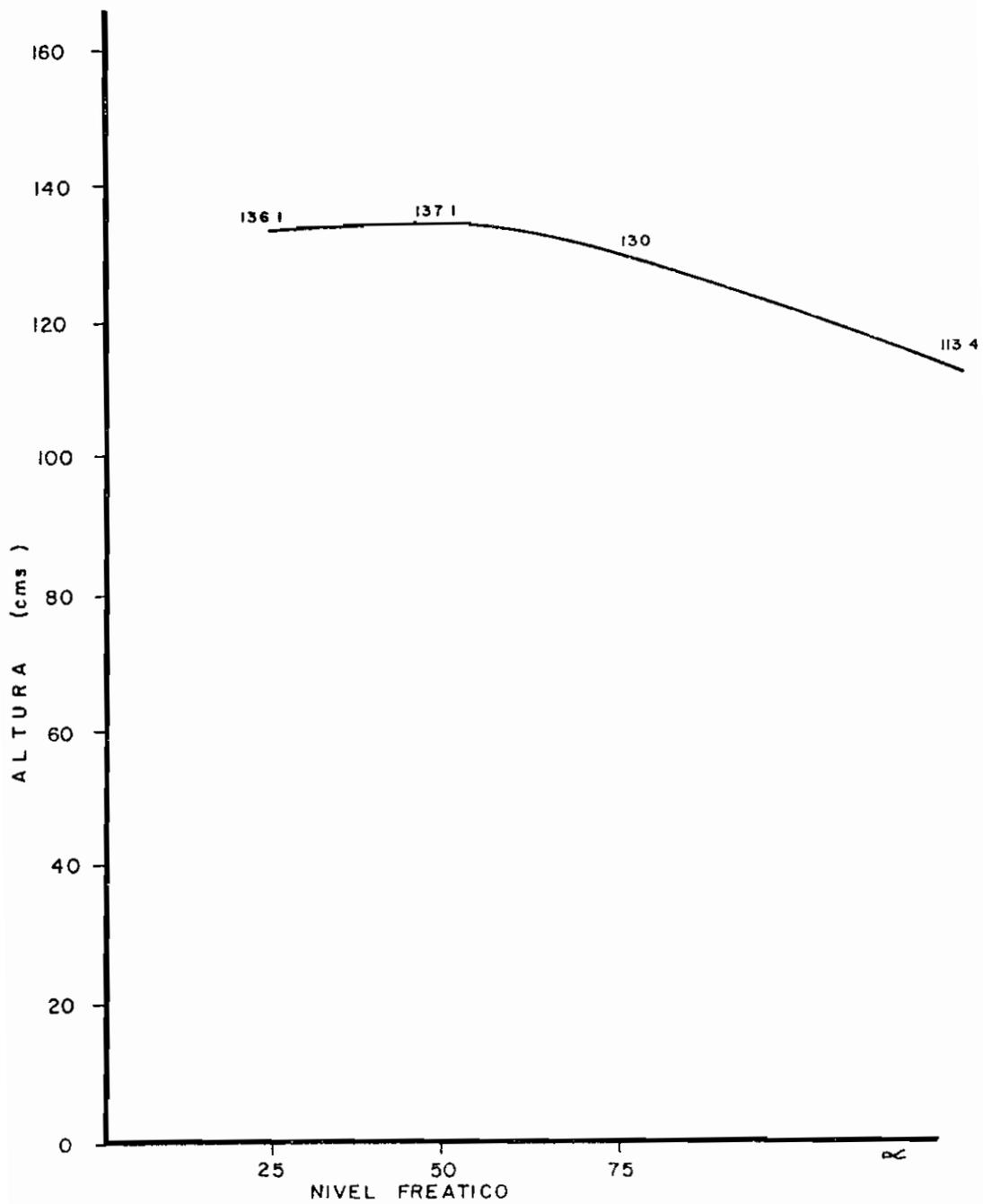


FIGURA 9 EFECTO DEL NIVEL FREATICO EN LA ALTURA DEL SORGO A LA TERMINACION DE SU CICLO

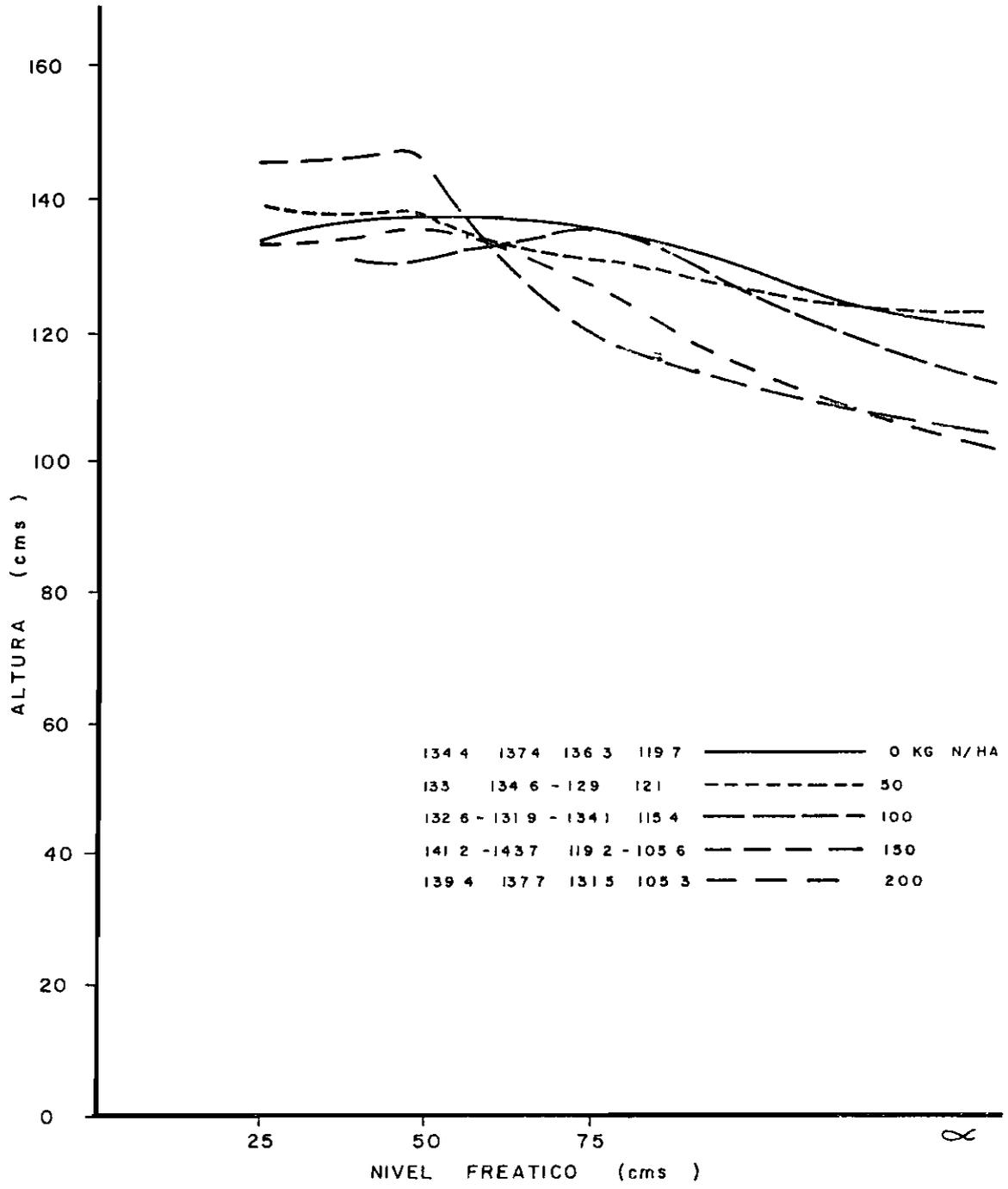


FIGURA 10 EFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA ALTURA DEL SORGO EN SUELOS CON DIFERENTES DOSIS DE NITROGENO A LA TERMINACION DE SU CICLO

de altura de plantas se presentan en las tablas D 1 D 2 y D 3

Los análisis estadísticos presentados en las tablas E 2, E 3 y E 4, indican que no hubo respuesta significativa de la altura a las diferentes dosis de fertilización nitrogenada con las distintas edades del cultivo

Se puede observar en las figuras 12 y 14, la tendencia de la curva casi horizontal y, horizontal en la figura 16. Esto se debe, lo mismo que en producción, a la poca respuesta de la fertilización nitrogenada, no obstante, al final del período vegetativo, las plantas un poco afectadas, aceleraron su crecimiento y de esta forma disminuyeron las diferencias en la altura de plantas al final del ciclo, como se puede observar en la figura 16

En las figuras 11, 13 y 15, podemos observar que bajo un nivel freático de 25 cm y de 50 cm, la altura se incrementa a dosis alta de Nitrógeno (fig 15), aunque dicha respuesta no es significativa, según el análisis estadístico. Obsérvese que la curva del tratamiento sin nivel freático en las tres figuras, muestra menor altura para las dosis más altas de Nitrógeno que fue lo mismo que sucedió en el caso de producción

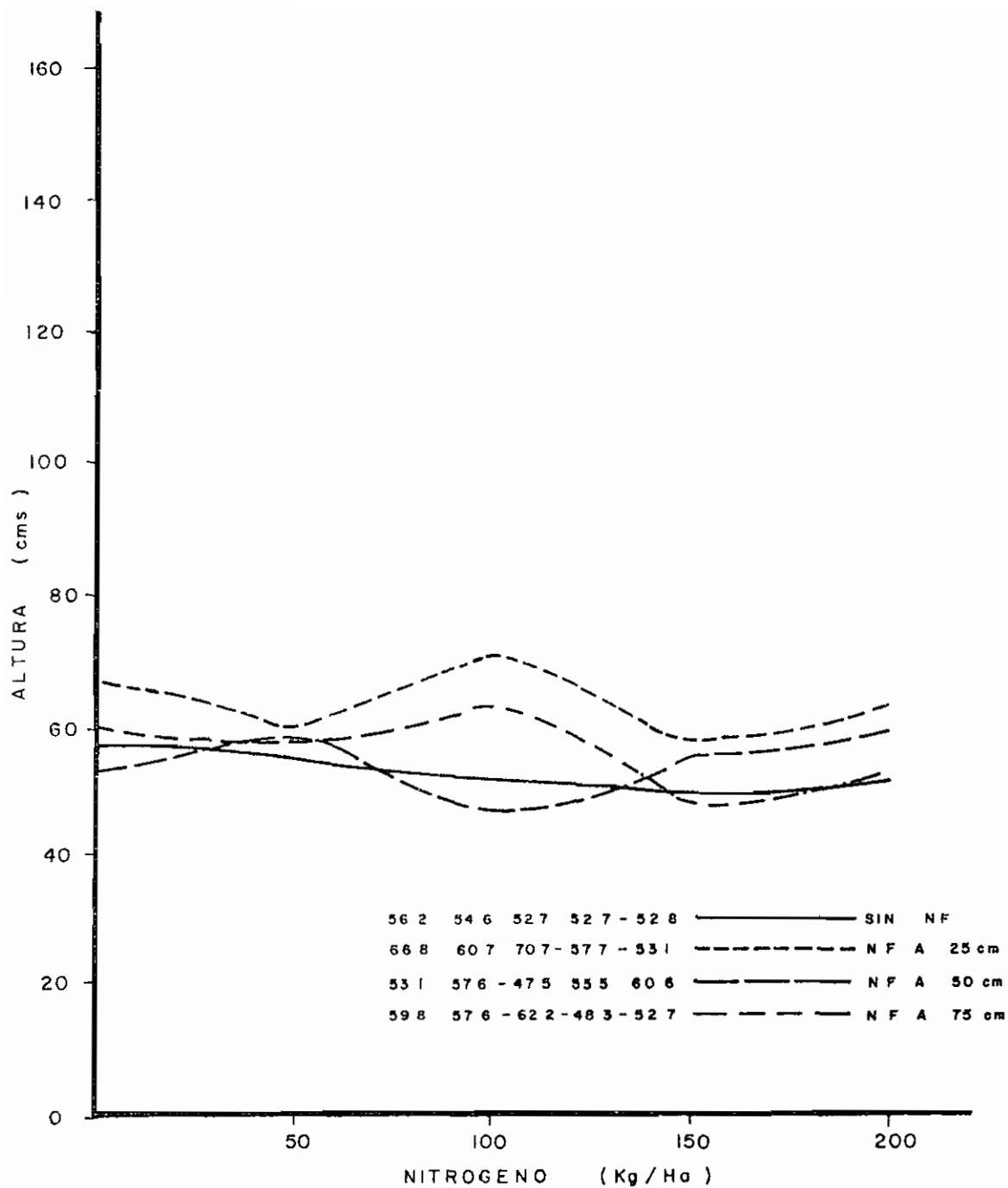


FIGURA II ALTURA DE SORGO EN RELACION A FERTILIZACION NITROGENADA PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES DEL NIVEL FREATICO A LA EDAD DE 30 DIAS

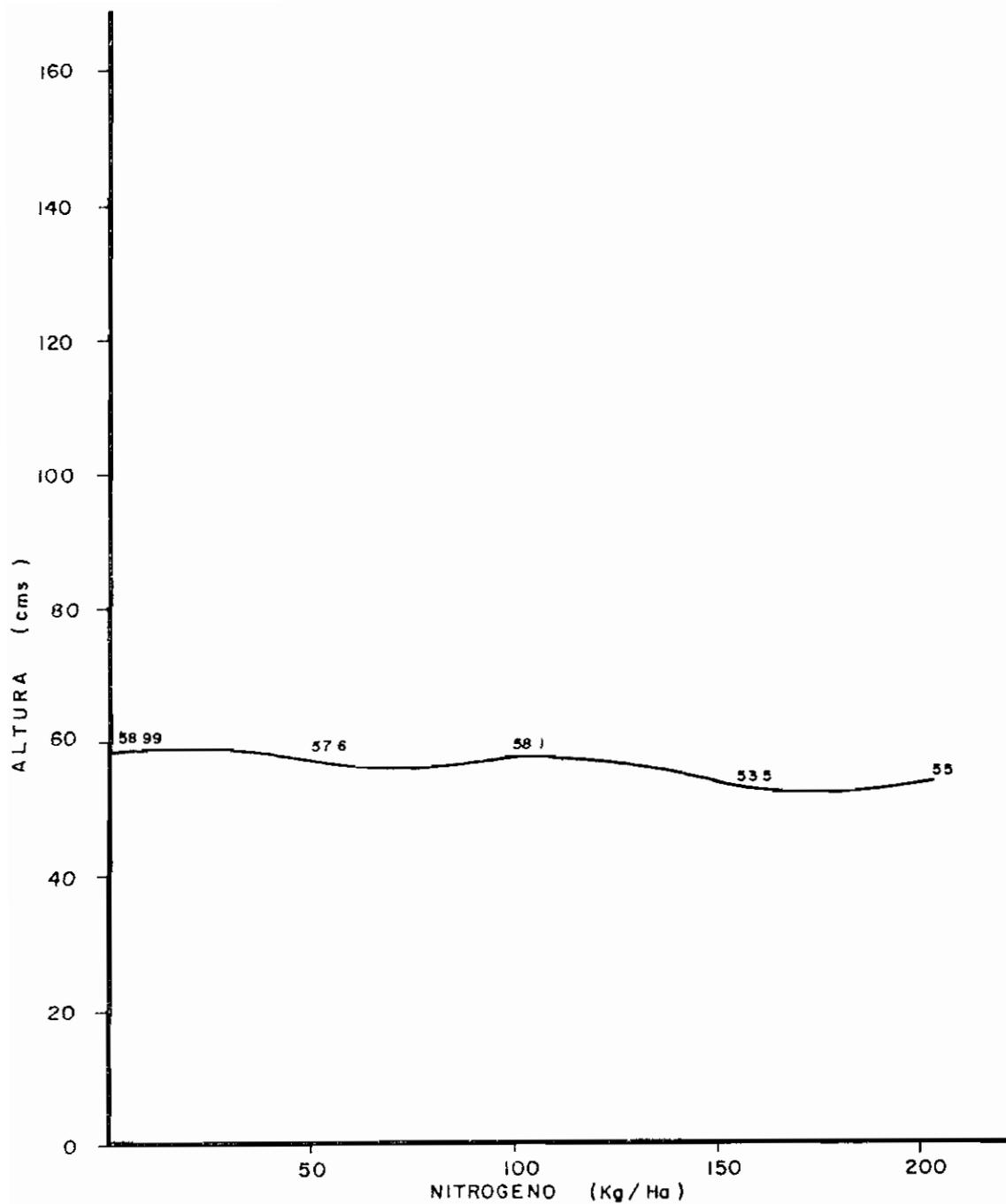


FIGURA 12 EFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA EN LA ALTURA DEL SORGO A LA EDAD DE 30 DIAS

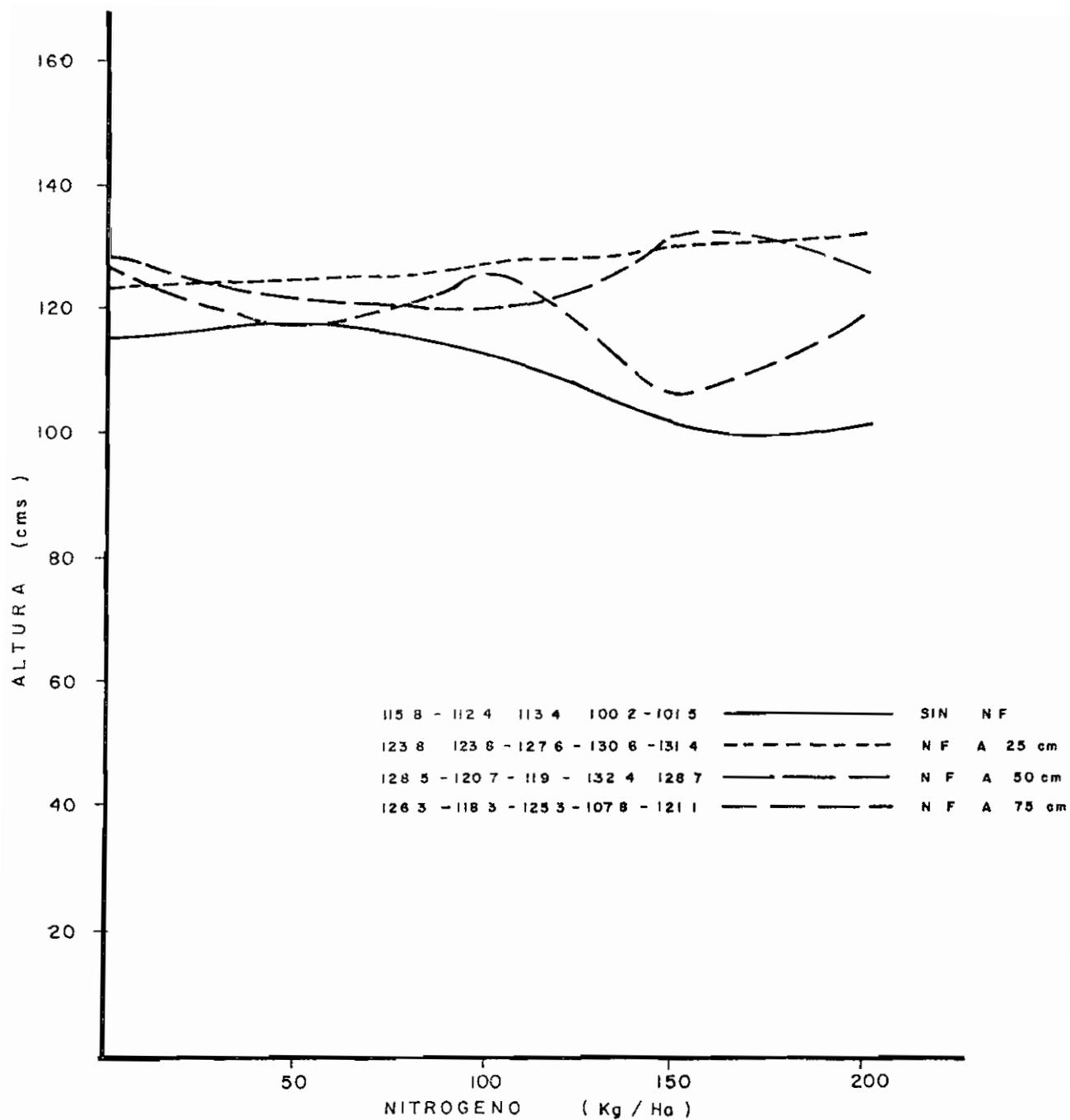


FIGURA 13 ALTURA DE SORGO EN RELACION A LA FERTILIZACION NITROGENADA PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES DEL NIVEL FREATICO A LA EDAD DE 60 DIAS

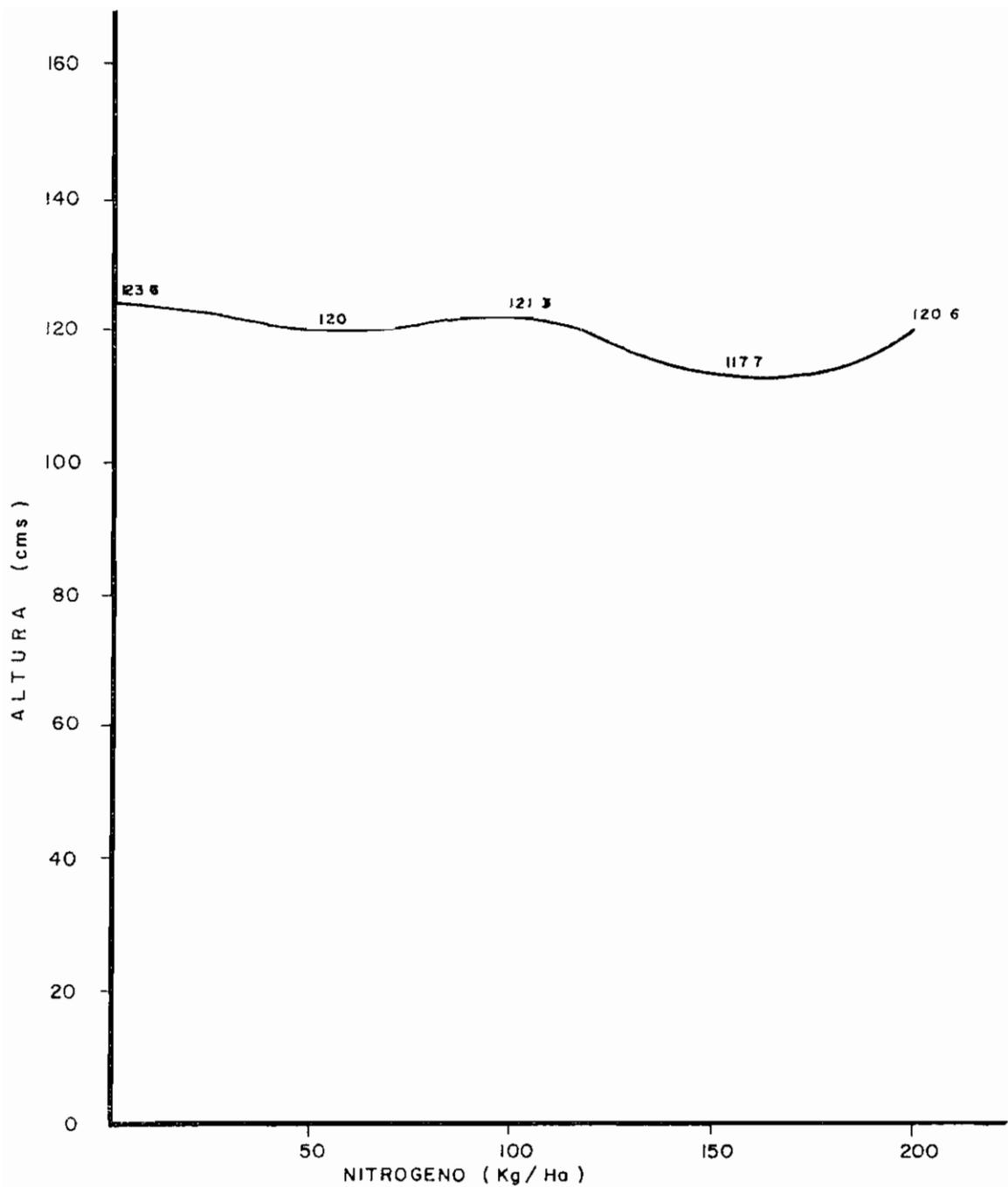


FIGURA 14 EFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA EN LA ALTURA DEL SORGO A LA EDAD DE 60 DIAS

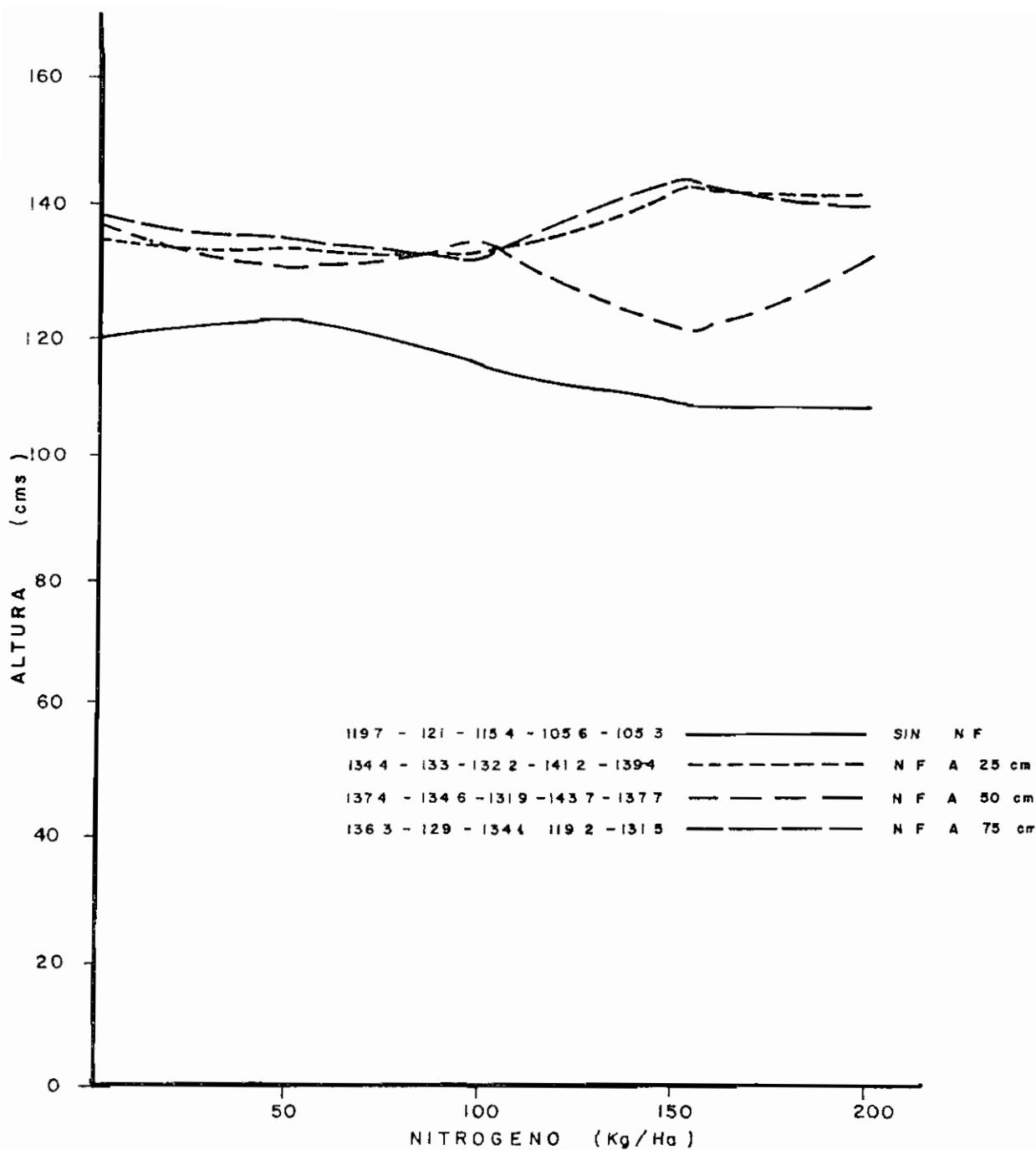


FIGURA 15 ALTURA DE SORGO EN RELACION A FERTILIZACION NITROGENADA PARA DIFERENTES PROFUNDIDADES DEL NIVEL FREATICO

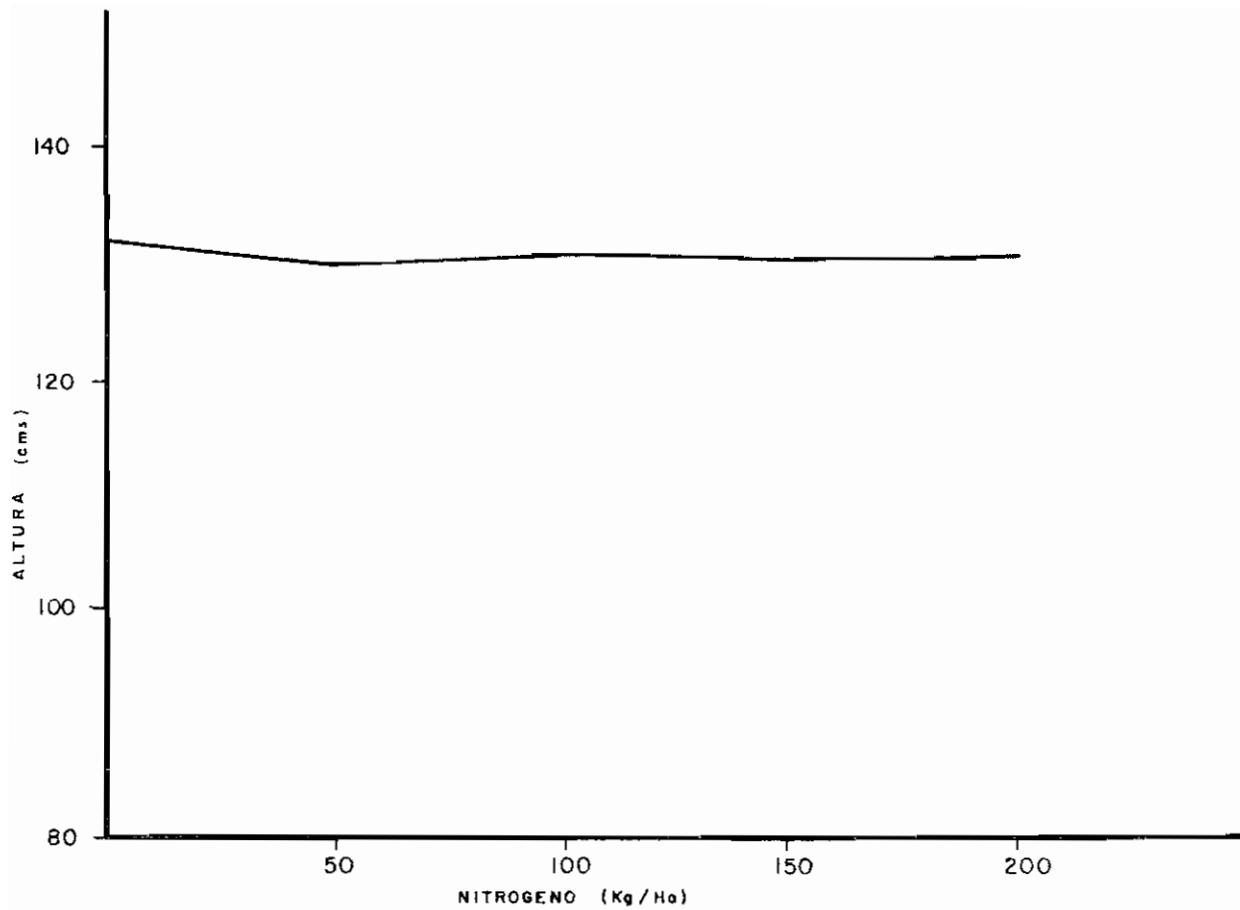


FIGURA No 16 RESPUESTA DE LA ALTURA DEL SORGO A LA FERTILIZACION NITROGENADA EN LA PRESENTE INVESTIGACION

5. CONCLUSIONES

Con base en los resultados obtenidos en esta investigación, la producción de sorgo no fue afectada significativamente por la fertilización diferencial con nitrógeno posiblemente bajo las condiciones en que se llevó a cabo el experimento, la mineralización del nitrógeno aumentó en relación a las condiciones naturales del terreno. No obstante en investigaciones realizadas por el ICA, la respuesta del sorgo a la aplicación del nitrógeno no es significativa desde el punto de vista económico.

La producción del sorgo tampoco fue afectada significativamente por las diferentes profundidades del nivel freático sucediendo lo mismo en la fertilización nitrogenada en relación a nivel freático, donde la interacción resulta no significativa, tal vez debido a la acción de otros nutrientes como el P y el K, ya que el efecto de estos dos nutrientes sobre la producción de grano de sorgo es similar del nitrógeno, según investigaciones realizadas por Rafael Quintero en el Programa de Sorgo del ICA.

En cuanto a altura se refiere, el cultivo de sorgo no fue afectado significativamente respecto a la fertilización nitrogenada, ya que las plantas obtuvieron casi una misma altura a diferentes dosis de fertilización, tal vez porque la uniformidad de la altura es una característica de los híbridos del sorgo.

La altura del sorgo fue afectada significativamente por las distintas profundidades del nivel freático, notándose ampliamente alturas mayores a niveles freáticos altos. Lo que nos indica un efecto positivo del nivel freático respecto a la altura, pero muy desfavorable en cuanto a anclaje se refiere, ya que las plantas tienden a volcarse debido al tamaño y peso. Es importante destacar, según lo observado a simple vista, que el nivel freático afectó la profundidad de la raíz más no su crecimiento, porque la raíz no profundizó más allá del nivel de agua, pero se desarrolló dentro del volumen disponible de suelo, no afectándose de esta forma la toma de nutrientes.

Se recomienda hacer investigaciones tendientes a encontrar la óptima profundidad del nivel freático que satisfaga las necesidades de evapotranspiración de este cultivo.

Según el experimento llevado a cabo se sugiere sembrar este cultivo en posiciones fisiográficas que favorezcan la toma del agua por las plantas desde niveles freáticos altos en condiciones de verano.

Se recomienda hacer investigaciones que relacionen la profundidad del nivel freático con la aplicación de nutrientes como el Potasio y el Fósforo, ya que con la aplicación del Nitrógeno a nivel del experimento, no se obtuvo respuesta significativa.

6 RESUMEN

En las instalaciones del Instituto de Mercadeo Agropecuario IDEMA de la ciudad de Villavicencio, se realizaron ensayos para determinar el efecto del nivel freático y la fertilización nitrogenada en la producción del cultivo de sorgo, de acuerdo a posiciones representativas para el desarrollo del cultivo en los suelos de vega del Departamento del Meta

En un suelo de vega clasificado como Entic tropacuept, con textura franca limosa, traído del colegio adventista de la región de Guayuríba, se cultivó sorgo de la variedad E-57

Se estudió el efecto de la fertilización nitrogenada y el nivel freático en la producción del cultivo de sorgo, y en la altura de plantas a la edad de 30 días, 60 días y a la finalización de su crecimiento

También se buscó determinar una posible interacción del nivel freático y la fertilización nitrogenada en la producción del cultivo de sorgo

Se determinó según análisis de varianza, que la producción de sorgo no fué afectada por las diferentes dosis de fertilización nitrogenada, ni por los distintos niveles freáticos, lo mismo resultó con

La interacción existente entre los dos factores la cual fue negativa

Es importante destacar que el nivel freático afectó la profundidad de la raíz más no su crecimiento, porque la raíz no profundizó más allá del nivel de agua pero sí se desarrolló dentro del volumen disponible de suelo, no afectándose de esta forma la toma de nutrientes como lo demuestran los niveles de producción y la uniformidad en la altura de las plantas

Recomendamos hacer investigaciones que relacionen la profundidad del nivel freático con la aplicación de nutrientes como el fósforo y potasio, ya que con la aplicación del nitrógeno a nivel del experimento, no se obtuvo respuesta significativa

BIBLIOGRAFIA

- 1 AGUIRRE M A y A NORERO 1977 Estudio Agrofísico de las relaciones entre la napa freática y la productividad de los cultivos, CIDIAT, Mérida, Venezuela
- 2 CEPEDA, R , 1972 La fertilización del sorgo en Colombia, ICA, Palmira, 100 p (Mimeografiado)
- 3 GRASSI, C I J , 1975, Manual de Drenaje Agrícola, CIDIAT, Mérida, Venezuela
- 4 GROOT, J M y A M DeJaeger, 1969, Yield Depressions dueto lowering of the water table on sandy soils in the Netherland, Neth J Agr Sci 17 99-108
- 5 KORNERUP, J O , 1968 El cultivo de sorgo de grano Agric Trop 24 836-848
- 6 LUTHIN, N J 1967 Drenaje de Tierras Agrícolas Trad Alonso Blackaller, primera edición Edit Limusa Wiley, S A , México

- 7 NORERO A y M A AGUIRRE, 1978, Procedimiento para estimar la influencia de la napa freática en la productividad de los cultivos, CIDIAT, Mérida, Venezuela
- 8 OWEN B E J y SANCHEZ L F , 1980, Niveles Críticos y Recomendaciones de Enmiendas y Fertilizantes de acuerdo con las clases de suelos y sus usos, ICA, Villavicencio (Mimeografiado)
- 9 QUINTERO, D R , 1978 Fertilización en Sorgo, En El cultivo del sorgo, ICA, Bogotá compendio No 26 (pp 40-62)
- 10 ROMERO M V M , 1978 Ecología del Cultivo del sorgo, ICA, Bogotá, Compendio No 26 (pp 1-23)
- 11 TSCHAPEK M W , 1966 El agua en el suelo, C S I C Madrid (pp 429-454)
- 12 VANT'T WOULD B y R HAGAN, 1967 Respuesta de los cultivos a niveles excesivamente elevados de humedad del suelo en Drenaje de tierras agrícolas, Edit Limusa Miley & Sons, México, (pp 571-647)

- 13 WESSOLING, J y W R VAN WIJK, 1955, Optimal depth of drainage, Neth J Agr Sci 3 106-119
- 14 WICKMAN G , et al, 1970, Nutrientes extraídos del suelo Natí, Bogotá, Purina Colombiana, sorgo No 5
- 15 WIND, G P , 1955, A field experiment concerning capillary rise of moisture in a heavy clay soil, Neth J Agr Sci , 3 60-70

A P E N D I C E A

**EFFECTO DEL NIVEL FREÁTICO EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO
DE SORGO**

TABLA A Efecto de la profundidad de diferentes niveles freáticos en la producción de sorgo, en gramos por parcela, con un contenido de humedad del catorce por ciento

TRATAMIENTO		B L O Q U E S			TOTAL	PPROMEDIO
PNF * (cm)	N de F ** N- Kg/Ha	1	2	3		\bar{X}
PROFUNDIDAD 25 cm						
25	0	70.7	55.3	28.0	154.0	51.33
25	50	40.7	26.7	53.8	121.2	40.4
25	100	107.7	41.1	27.8	176.6	58.86
25	150	34.1	50.7	74.8	159.6	53.2
25	200	81.0	106.6	51.5	239.1	79.7
					850.5	56.7
PROFUNDIDAD 50 cm						
50	0	71.3	72.5	32.2	176.0	58.66
50	50	39.1	34.9	37.6	163.0	54.33
50	100	46.4	37.6	73.6	157.6	52.53
50	150	36.8	68.3	51.0	156.1	52.03
50	200	54.4	87.7	43.3	185.4	61.8
					838.1	55.87
PROFUNDIDAD 75 cm						
75	0	44.4	75.9	51.2	171.5	57.16
75	50	43.8	40.4	48.3	132.5	44.16
75	100	53.6	58.8	65.5	177.9	59.3
75	150	34.4	45.6	43.5	123.5	41.16
75	200	48.7	52.0	59.6	160.3	53.43
					765.7	51.04
PROFUNDIDAD smf						
	0	48.8	43.0	48.6	140.0	46.66
	50	36.8	63.0	37.0	136.8	45.6
SNF ***	100	43.9	43.7	34.9	122.5	40.83
	150	41.5	43.3	27.5	112.3	37.43
	200	16.8	54.2	50.1	124.1	41.36
					635.7	42.38

* PNF Profundidad del nivel freático

** N de F Niveles de fertilización

*** SNF Sin nivel freático

A P E N D I C E B

**EFECTO DE LA FERTILIZACION NITROGENADA EN LA PRODUCCION
DEL CULTIVO DE SORGO**

TABLA B. Efecto de los diferentes niveles de fertilización nitrogenada en la producción de sorgo, en gramos por parcela, con contenido de humedad del catorce por ciento

TRATAMIENTO		NIVEL 0 Kg/Há			TOTAL	PROMEDIO X̄
N de F*	PNF** (cm)	B L O Q U E S				
N -Kg/há		1	2	3		
0	25	70.7	55.3	28.0	154.0	51.33
0	50	71.3	72.5	32.2	176.0	58.66
0	75	44.4	75.9	51.2	171.5	57.16
0	∅	48.4	43.0	48.6	140.0	46.66
					641.5	53.45
		NIVEL 50 Kg/Há				
50	25	40.7	26.7	53.8	121.2	40.4
50	50	59.1	34.9	89.0	163.0	54.33
50	75	43.8	40.4	48.3	132.5	44.16
50	∅	36.8	63.0	37.0	136.8	45.6
					553.5	46.12
		NIVEL 100 Kg/Há				
100	25	107.7	41.1	27.8	176.6	58.86
100	50	46.4	37.6	73.6	157.6	52.53
100	75	53.6	58.8	65.5	177.9	59.3
100	∅	43.9	43.7	34.9	122.5	40.83
					634.6	52.88
		NIVEL 150 Kg/Há				
150	25	34.1	50.7	74.8	159.6	53.2
150	50	36.8	68.3	51.0	156.1	52.03
150	75	34.4	45.6	43.5	123.5	41.16
150	∅	41.5	43.3	27.5	112.3	37.43
					551.5	45.95
		NIVEL 200 Kg/Há				
200	25	81.0	106.6	51.5	239.1	79.7
200	50	54.4	87.7	43.3	185.4	61.8
200	75	48.7	52.0	59.6	160.3	53.43
200	∅	16.8	54.2	53.1	124.1	41.36
					708.9	59.07

* Niveles de Fertilización

** Profundidad del nivel freático

A P E N D I C E C

E F E C T O D E L N I V E L F R E A T I C O E N L A A L T U R A D E L A P L A N T A D E
S O R G O

TABLA C I. Efecto de la profundidad de diferentes niveles freáticos en la altura, medida en centímetros, de la planta de sorgo a los treinta días de edad

TRATAMIENTO		B L O Q U E S			TOTAL	PROMEDIO
PNF (cm)	N de F N - Kg/Ha	1	2	3		\bar{X}
SNF	0	46 3	59	53 3	168 6	56 2
	50	49	69	46	164	54 66
	100	55	61 3	42	158 3	52 76
	150	53	64	41 3	158 3	52 76
	200	38 6	77 3	42.6	158 5	52 83
					807 7	53 84
=====						
		P R O F U N D I D A D			25 cms	
25	0	70 3	83 6	46.6	200 5	66 83
25	50	50 3	65	67	182 3	60.76
25	100	81	71 3	58.3	210.6	70 2
25	150	49	72 6	51.6	173 2	57 73
25	200	71	52 3	68	191 3	63 76
					957 9	63.85
=====						
		P R O F U N D I D A D			50 cms	
50	0	58	61 3	40	159 3	53.1
50	50	64 b	39 6	68 6	172 8	57 6
50	100	34 3	48 3	60	142 6	47 53
50	150	32 s	66 3	68	166 6	55 53
50	200	44	83 6	54 3	181 9	60 63
					823 2	54.87
=====						
		P R O F U N D I D A D			75 cms	
75	0	62	69 3	48.3	179 6	59.86
75	50	70	57 3	46	173 3	57 76
75	100	68.3	58	60 3	186 6	62.2
75	150	61 3	40 3	43 3	144 9	48.3
75	200	58	64	39	161	53 66
					845.4	56.35
=====						
PNF	Profundidad del nivel freatico			N de F	Niveles de fertilización	
SNF	Sin nivel freatico					

TABLA C.2. Efecto de la profundidad de diferentes niveles freáticos en la altura, medida en centímetros, de la planta de sorgo a los sesenta días de edad

TRATAMIENTO		B L O Q U E S			TOTAL	PROMEDIO
PNF* (cm)	N de F ** N - Kg/ha	1	2	3		\bar{X}
SNF ***	0	104.6	126.6	116.3	347.5	115.8
	50	100.6	149	102.6	352.2	117.4
	100	111.6	128	100.6	340.2	113.4
	150	98.3	115.3	87	300.6	100.2
	200	89.3	126.6	88.6	304.5	101.5
					164.5	109.66
=====						
		P R O F U N D I D A D 25 cms				
25	0	135.3	127.6	105.6	371.5	123.8
25	50	118.3	120.6	133.6	372.5	124.1
25	100	148.6	118.6	115.6	382.8	127.6
25	150	115	126	151	392	130.6
25	200	132	120.3	142	394.3	131.4
					1.913.1	127.5
=====						
		P R O F U N D I D A D 50 cms				
50	0	131.6	155	99	385.6	128.5
50	50	126	105.3	131	362.3	120.7
50	100	101.6	107.3	148.3	357.2	119.06
50	150	125	140.6	131.6	397.2	132.4
50	200	113.3	151.3	121.6	386.2	128.7
					1.888.5	125.87
=====						
		P R O F U N D I D A D 75 cms				
75	0	117.3	147.6	114	378.9	126.3
75	50	126	113	116	355	118.3
75	100	129.3	125.3	121.3	375.9	125.3
75	150	108.3	112.6	102.6	323.5	107.8
75	200	122	128	113.33	63.3	121.1
					1.796.6	119.76
=====						

* PNF Profundidad del nivel freático

** N de F Niveles de fertilización

***SNF Sin nivel freático

TABLA C.3. Efecto de la profundidad de diferentes niveles freáticos en la altura, medida en centímetros, de la planta de sorgo al final de su ciclo

TRATAMIENTO		B L O Q U E S			TOTAL	PROMEDIO
PNF* (cm)	N de F** N - Kg/há	1	2	3		\bar{X}
	0	107.0	127.6	124.6	359.2	119.73
	50	106.6	150.6	106.0	363.2	121.07
SNF***	100	112.3	132.3	101.6	346.2	115.4
	150	99.6	121.2	96.0	316.9	105.63
	200	94.3	128.3	93.3	315.9	105.3
					1 701.4	113.43
=====						
		P R O F U N D I D A D			25 cms	
25	0	148.3	136.6	118.3	403.2	134.4
25	50	122.0	131.6	145.6	399.2	133.07
25	100	151.6	122.0	124.3	397.4	132.47
25	150	133.3	131.0	159.3	423.6	142.2
25	200	138.6	126.6	153.0	418.2	139.4
					2,062.1	136.11
=====						
		P R O F U N D I D A D			50 cms	
50	0	137.0	168.0	107.3	412.3	137.43
50	50	145.0	124.0	135.0	404.0	134.67
50	100	118.6	116.3	161.0	395.9	131.97
50	150	147.0	150.0	134.3	431.3	143.77
50	200	119.3	154.0	140.0	413.3	137.77
					2,056.8	137.12
=====						
		P R O F U N D I D A D			75 cms	
75	0	120.0	155.3	133.6	408.9	136.3
75	50	129.0	131.0	127.0	387.0	129.0
75	100	136.0	142.0	124.3	402.3	134.1
75	150	116.0	126.6	115.0	357.6	119.2
75	200	138.0	130.0	126.6	394.6	131.53
					1,950.4	130.03
=====						

* PNF Profundidad del nivel freático

** N de F Niveles de fertilización

*** SNF Sin nivel freático

A P E N D I C E D

**E F E C T O D E L A F E R T I L I Z A C I O N N I T R O G E N A D A E N L A A L T U R A D E L A
P L A N T A D E S O R G O**

TABLA D 1 Efecto de los diferentes niveles de fertilización nitrogenada en la altura, medida en centímetros, de la planta de sorgo a los treinta días de edad

TRATAMIENTO		B L O Q U E S			TOTAL	PROMEDIO
N de F *	PNF**	1	2	3		\bar{X}
N- Kg/há	(cm)					
0	25	70.3	83.6	46.6	200.5	66.83
0	50	58	61.3	40	159.3	53.1
0	75	62	69.3	48.3	179.6	59.86
0	∅	46.3	69	53.3	168.6	56.2
					708	58.99
=====						
NIVEL: 50 Kg/Há						
50	25	50.3	65	67	182.3	60.76
50	50	64.6	39.6	68.6	172.8	57.6
50	75	70	57.3	46	173.3	57.76
50	∅	49	69	46	164	54.66
					692.4	57.69
=====						
NIVEL 100 Kg/Há						
100	25	81	71.3	58.3	210.6	70.2
100	50	34.3	48.3	60	142.6	47.53
100	75	68.3	58	60.3	186.6	62.2
100	∅	55	61.3	42	158.3	52.76
					698.1	58.17
=====						
NIVEL 150 Kg/Há						
150	25	49	72.6	51.6	173.2	57.73
150	50	32.3	66.3	68	166.6	55.53
150	75	61.3	40.3	43.3	144.9	48.3
150	∅	53	64	41.3	158.3	52.76
					643	52.58
=====						
NIVEL 200 Kg/Há						
200	25	58	61.3	40	159.3	53.1
200	50	44	83.6	54.3	181.9	60.63
200	75	58	64	39	161	53.66
200	∅	38.6	77.3	42.6	158.5	52.83
					660.7	55.05
=====						

* Niveles de fertilización

** Profundidad del nivel freático

TABLA D 2. Efecto de los diferentes niveles de fertilización nitrogenada en la altura, medida en centímetros, de la planta de sorgo a los sesenta días de edad

TRATAMIENTO		B L O Q U E S			TOTAL	PROMEDIO
N de F *	PNF **	1	2	3		\bar{X}
N- Kg/ha	(cm)					
NIVEL 0 Kg/Há						
0	25	138.3	127.6	105.6	371.5	123.8
0	50	131.6	155	99	385.6	128.5
0	75	117.3	147.6	114	378.9	126.3
0	∅	104.6	126.6	116.3	347.5	115.8
					1.483.5	123.6
NIVEL 50 Kg/Há						
50	25	118.3	120.6	133.6	371.5	123.8
50	50	126	105.3	131	362.3	120.7
50	75	126	113	116	355	118.3
50	∅	100.6	149	102.6	352.2	117.4
					144.1	120.05
NIVEL 100 Kg/Há						
100	25	148.6	118.6	115.6	382.8	127.6
100	50	101.6	107.3	148.3	357.2	119.06
100	75	129.3	125.3	121.3	375.9	125.3
100	∅	111.6	128	100.6	340.2	113.4
					145.61	121.34
NIVEL 150 Kg/Há						
150	25	115	126	151	392	130.6
150	50	125	140.6	131.6	397.2	132.4
150	75	108.3	112.6	102.6	323.5	107.8
150	∅	98.3	115.3	87	300.6	100.2
					1.413.4	117.75
NIVEL 200 Kg/Há						
200	25	132	120.3	142	394.3	131.4
200	50	113.3	151.3	121.6	386.2	128.7
200	75	122	128	113.3	363.3	121.1
200	∅	89.3	126.6	88.6	304.5	101.5
					1.448.3	120.67

* Niveles de Fertilización

** Profundidad del nivel freático

TABLA D 3. Efecto de los diferentes niveles de fertilización nitrogenada en la altura, medida en centímetros, de la planta de sorgo al final de su ciclo

TRATAMIENTO		NIVEL 0 Kg/Há			TOTAL	PROMEDIO X̄
N de F + N - Kg/há	PNF ** (cm)	B L O Q U E S				
		1	2	3		
0	25	148.3	136.6	118.3	403.2	134.4
0	50	137.0	168.0	107.3	412.3	137.43
0	75	120.0	155.3	133.6	408.9	136.3
0	∅	107.0	127.6	124.6	359.2	119.73
					1.583.6	131.96
		NIVEL 50 Kg/Há				
50	25	122.0	131.6	145.6	399.2	133.07
50	50	145.0	124.0	135.0	404.0	134.67
50	75	129.0	131.0	127.0	387.0	129.0
50	∅	106.6	150.6	106.0	363.2	121.07
					1.553.4	129.45
		NIVEL 100 Kg/Há				
100	25	151.6	122.0	124.3	397.9	132.63
100	50	118.6	116.3	161.0	395.9	131.97
100	75	136.0	142.0	124.3	402.3	134.1
100	∅	112.3	132.3	101.6	346.2	115.4
					1.542.3	128.52
		NIVEL 150 Kg/Há				
150	25	133.3	131.0	159.3	423.6	144.2
150	50	147.0	150.0	134.3	431.3	143.77
150	75	116.0	126.6	115.0	357.0	119.2
150	∅	99.6	121.3	96.0	316.9	105.63
					1.529.4	127.45
		NIVEL 200 Kg/Há				
200	25	138.6	126.6	153.0	418.2	139.4
200	50	119.3	154.0	140.0	413.3	137.77
200	75	138.0	130.0	126.6	394.6	131.53
200	∅	94.3	128.3	93.3	315.9	105.3
					1.542.0	128.5

* Niveles de fertilización

** Profundidad del nivel freático

A P E N D I C E E

A N A L I S I S E S T A D I S T I C O

TABLA E.1 Análisis de Varianza para los datos de Producción de Sorgo consignados en la Tabla A 1

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Factor	
				F	Ft
Niveles freáticos (N)	3	1943 19	647 73	1 703	2 85
Fertilización Nitrogenada (F)	4	1472 76	368 19	0 968	2 62
Interacción N x F	12	2200 69	183 39	0 482	2 02
Bloques	2	381 28	190 64	0 501	
Error	38	14 446 04	380		
T O T A L	59	20 443 96			

=====

TABLA E 2 Análisis de varianza para los datos de altura de la planta de sorgo a la edad de treinta días, consignados en las tablas C 1 y D 1

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F a c t o r F
Niveles Freáticos (N)	3	959 5865	319 86216	1 977
Fertilización Nitrogenada (F)	4	247 8182	61 9545	0 382
Interacción N x F	12	725 3418	60 4451	0 373
Bloques	2	1 373 5244	686 76	4 244
Error	38	6 147 8691	161 7860	
T O T A L	59	9 454 14		

=====

TABLA E 3 Análisis de Varianza para los datos de altura en el cultivo de sorgo a la edad de sesenta días consignados en la Tabla C 2

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Factor	
				F	Ft
Niveles freáticos (N)	3	2 946 257	982 085	4 082	2 85
Fertilización Nitrogenada (F)	4	213 6	53 4	0 22	
Interacción N x F	12	1 790 20	149 183	0 62	
Bloques	2	1 748 93	874 465	3 63	
Error	38	9 142 008	240 579		
T O T A L	59	15 840 99			

=====

TABLA E 4 Análisis de Varianza para los datos de altura de la planta de sorgo al final de su ciclo, consignados en las tablas C 3 y D 3

Fuentes de Variación	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Factor	
				F	F _t
Niveles Freáticos (N)	3	5 405 5	1 801 83	7 39	2 85
Fertilización Nitrogenada (F)	4	140 68	35 17	0 14	
Interacción N x F	12	1 490 096	124 17	0 5095	
Bloques	2	1 108 873	554 436	2 275	
Error	38	9 260 143	243 687		
T O T A L	59	17 405 292			

APENDICE F

INFORMACION DEL SUELO

TABLA F 1 Información acerca del sitio donde se tomo la muestra

a	Unidad Fisiográfica	Llanura aluvial de desborde del río Guayuriba
b	Ubicación	Alrededores Colegio Adventista
c	Clasificación taxonómica	Entic tropacuept
d	Altitud	300 m s n m
e	Forma del Terreno	
	Posición fisiográfica	Dique
	- Pendiente	0 - 1%
f	Profundidad efectiva	75 cms
g	Drenaje natural	Lento

TABLA F.2 Analisis de Suelo

P	BRAY	II	pH	Al	Ca	Mg	Na	K	C1c	M 0
	ppm					Me/100	g			%
6 0			4 5	0 4	4 4	0 5	Trazas	0 5	11 7	2 0

=====