

ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA
Managua, Nicaragua, C.A.

FERTILIZACION NITROGENADA EN SORGO FORRAJERO
Sorghum vulgare Pers

Por

HARVEY ZELAYA MENDOZA

TESIS

1973

ESCUELA NACIONAL DE AGRICULTURA Y GANADERIA
Managua, Nicaragua, C. A.

FERTILIZACION NITROGENADA EN SORGO FORRAJERO
Sorghum vulgare Pers

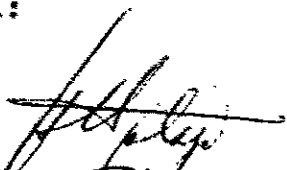
Por

HARVEY ZELAYA MENDOZA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el grado
profesional de Ingeniero Agrónomo.

APROBADA:



ASESOR PRINCIPAL

4 JUN 1973

Fecha



Director de la Escuela

4 JUN 1973

Fecha



Jefe del Departamento

4 JUN 1973

Fecha

A: la mujer que ha dedicado
su vida a mi formación
integral, mi madre.

Sara Mendoza v. de Zelaya

AGRADECIMIENTO

El autor agradece a todas aquellas personas que colaboraron en el desarrollo de este trabajo, especialmente a las que asesoraron uno u otro aspecto del mismo.

CONTENIDO

SECCION	Página
INDICE DE CUADROS.....	vi
INDICE DE FIGURAS.....	vii
INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	3
REVISION DE LITERATURA.....	4
MATERIALES Y METODOS.....	14
RESULTADOS.....	19
DISCUSION.....	29
CONCLUSIONES.....	32
RESUMEN.....	33
LITERATURA CITADA.....	34

INDICE DE CUADROS

CUADRO		Página
1.	Condiciones climatológicas ocurridas durante el período del ensayo. Managua, ENAG - 1969 - B. <u>1/</u>	15
2.	Rendimientos de materia seca por hectárea y porcentajes promedios de proteína cruda, en sorgo forrajero, obtenidos mediante la aplicación de los niveles de nitrógeno durante el ensayo. Managua, ENAG - 1969 - B. <u>1/</u> .	20
3.	Análisis de varianza para el rendimiento de materia seca, de sorgo forrajero, por cortes. Managua, ENAG - 1969 - B. <u>1/</u> .	23
4.	Análisis de varianza, para el rendimiento total de materia seca, en dos cortes de sorgo forrajero. Managua, ENAG - 1969 - B. <u>1/</u> .	24

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		Página
1.	Rendimientos de materia seca de sorgo forrajero, obtenidos por corte.....	21
2.	Función de producción ajustada.....	26
3.	Relación entre el ingreso esperado y el costo del nitrógeno aplicado, por corte, en sorgo forrajero.....	27

INTRODUCCION

La ganadería, cada día, va tomando mayor importancia en nuestro país. Actualmente es considerada como una actividad básica en la economía de Nicaragua.

La alimentación del ganado, es uno de los factores principales de los que se conjugan para desarrollar una explotación exitosa. Las plantas forrajeras son una fuente valiosa de alimento nutritivo y barato. Entre estas plantas, el sorgo forrajero es uno de los cultivos que produce los más altos rendimientos de forraje.

Es por esto que en Nicaragua, el sorgo está siendo adoptado por muchos ganaderos para complementar la alimentación de su ganado; de modo que la introducción de nuevas variedades de sorgo forrajero, está tomando auge.

En la producción de forraje de buena calidad tiene papel especial el uso adecuado y racional de los fertilizantes. Esto implica una amplia gama de factores a considerar, tales como: el suelo, variaciones climáticas, épocas de aplicación del fertilizante y de corte del pasto y retribución económica (8).

Los sorgos forrajeros dada su rapidez para crecer y su alta producción, deben fertilizarse con nitrógeno para mantener el vigor de las plantas (5).

Por estas razones, se verificó este trabajo durante los meses de Agosto a Diciembre de 1969, en el campo experimental de la Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería.

2

Se aplicaron cinco niveles de nitrógeno y se determinó el que produjo el mayor rendimiento de forraje seco, el nivel más económico y el que permitió obtener el mayor porcentaje de proteína en el forraje.

OBJETIVOS

1. Determinar el nivel de nitrógeno que permita obtener el mayor rendimiento de forraje seco y el mayor contenido de proteínas.
2. Determinar el nivel de fertilización nitrogenada más económica.

REVISION DE LITERATURA

El sorgo crece bien en todos los tipos de suelos, pero lo hace mejor en aquellos que han sido bien preparados para la siembra y con relativa, alta fertilidad. En muchos suelos se obtienen altas producciones de sorgo sin la adición de fertilizantes, sin embargo en las áreas donde hay deficiencia de uno u otro elemento es necesario corregirla (20).

Jirón (15), en un ensayo con sorgo verificado en Liberia, Costa Rica, obtuvo respuesta sólo al nitrógeno. En base a los resultados obtenidos recomienda fertilizar con 100-0-0 kilogramos por hectárea. Además en aquellos suelos que hayan tenido bajas o ninguna fertilización de fósforo recomienda aplicar en total, 75 kilogramos de este elemento por hectárea.

El Servicio de Extensión del Ministerio de Agricultura de Colombia (5), informa, que los sorgos forrajeros dada su rapidez para crecer y su alta producción, deben abonarse especialmente con nitrógeno para mantener el vigor de las plantas. Recomienda la aplicación de 75 kilogramos de nitrógeno por hectárea, después de cada corte, en forma de urea o nitratos.

Rivera (21), aplicó doce fórmulas fertilizantes a dos variedades híbridas de sorgo forrajero. Encontró que económicamente conviene aplicar 38,6-0-0 kilogramos por hectárea, ya que con esa cantidad se obtuvo un rendimiento de materia verde similar al obtenido con las otras fórmulas que contenían mayores cantidades de nitrógeno, fósforo y

potasio.

Jimenez (14), en un experimento realizado con la variedad de sorgo forrajero Silo King, aplicó niveles de 0, 75 y 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea, observó que no hubo efecto sobre la producción de forraje verde en ninguno de los tres cortes que realizó. Concluyó que, posiblemente, fue debido al alto contenido de nitrógeno en el suelo.

La interacción NPK. dió respuesta altamente significativa, obteniéndose el más alto rendimiento de forraje verde con la aplicación de 150 - 150 - 75 kilogramos por hectárea.

Vargas y Rojas (26), recomiendan para sorgos forrajeros y escoberos, la aplicación de 50 kilogramos de nitrógeno por hectárea, en suelos de fertilidad media, a los 45 días de la siembra. Para la segunda cosecha recomiendan aplicar de 50 a 70 kilogramos de nitrógeno por hectárea.

Fry (7), informa que con la aplicación de 40 a 50 kilogramos de nitrógeno por hectárea, después del corte del sorgo, se puede obtener el máximo potencial de rebrote y valor nutritivo.

Hoveland, Anthony y Scarsbrook (12), realizaron experimentos con las variedades de sorgo forrajero Sudax y Gahi-1 pearlmillet, con dosis de 112 y 225 kilogramos de nitrógeno por hectárea, distribuidas en varias aplicaciones. La mayor producción de forraje, así como el mayor contenido de proteína cruda en el mismo, se obtuvieron

con la dosis de 225 kilogramos de nitrógeno por hectárea.

En otro experimento, con las mismas variedades, usaron niveles de nitrógeno de 90, 180 y 359 kilogramos por hectárea, distribuidas en cuatro aplicaciones. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: el contenido de nitratos solamente estuvo a niveles potencialmente tóxicos, con la dosis más alta de nitrógeno en el primer período de crecimiento y cuando el sorgo fue cosechado un poco antes de la prefloración. Los mayores rendimientos, tanto de forraje como en contenido de proteína, se obtuvieron con la dosis de 359 kilogramos de nitrógeno por hectárea.

Las variedades Sudax y Millet, respondieron a la aplicación de 359 kilogramos de nitrógeno por hectárea, pero el uso de dosis más bajas parece ser más práctico.

Burleson, Cowley y Otey (3), verificaron experimentos de campo con sorgo granífero. Observaron que aplicaciones de 67 y 135 kilogramos de nitrógeno por hectárea, incrementaron significativamente el rendimiento y el contenido de proteína del grano y del forraje. El nitrógeno recuperado fue de 83,2 y 89,5 por ciento, respectivamente, cuando se aplicaron 67 y 135 kilogramos de nitrógeno por hectárea.

Holmes (11), trabajó con dosis de nitrógeno, para probar su efecto en el manejo de pasturas. Encontró que las mejores respuestas en la producción del ganado lechero, se obtuvieron con la aplicación de dosis superiores a

los 400 kilogramos por hectárea, aplicados uniformemente durante la época de crecimiento del pasto y con un manejo rotativo del forraje. Sin embargo el autor recomienda investigaciones más amplias al respecto.

Fernández e Iglesias (6), encontraron que la aplicación de 120 kilogramos de nitrógeno por hectárea, incrementa altamente la producción del sorgo forrajero.

Referente al modo de aplicar el fertilizante, Walton y Holt (27), recomiendan su colocación debajo de las semillas, si el sorgo se siembra en surcos, para que las plantas pue-

* Rodríguez (22), estudió el efecto de la densidad de siembra, distancias y la fertilización sobre el rendimiento de forraje verde y contenido de proteína cruda en el millo criollo *Sorghum vulgare Pers.* Aplicó 200 kilogramos por hectárea de sulfato de amonio, al momento de la siembra y niveles de 0 y 200 kilogramos, de la misma fuente de nitrógeno, después de cada corte. Encontró diferencia significativa ($P < 0.05$) en el segundo corte, para los niveles. En los cortes subsiguientes las diferencias fueron altamente significativas ($P < 0.01$).

Ilgin (13), realizó un experimento con sorgo, en el cual el testigo no recibió ningún abonamiento. Los otros tratamientos consistieron en la aplicación de fósforo, potasio, magnesio, boro, cobre y zinc en cantidades iguales, pero variando el nitrógeno aplicado, en forma de salitre

de Chile, en cantidades de 0, 50, 100 y 250 kilogramos por hectárea. Encontró que, la aplicación de todos los elementos sin nitrógeno aumentó el rendimiento en más de siete veces y con el abono máximo de nitrógeno en 19 veces. En las plantas abonadas con la mezcla de elementos sin nitrógeno, éste se encontró en menor contenido que en las demás. A medida que se incrementó el contenido de nitrógeno en el suelo aumentó en las plantas, pero sin proporcionalidad entre ambos.

McKenzie (17), aplicó niveles de 0, 56 y 112 kilogramos de nitrógeno por hectárea, después de cada corte, a las variedades de sorgo forrajero Sudax y Sugardrip. Sudax dió el mayor rendimiento totalizando 27528 kilogramos de materia seca por hectárea, en tres cortes, cuando el nivel más alto de nitrógeno fue aplicado.

Sánchez (23), realizó una revisión de numerosos trabajos de investigación sobre fertilización de pastos y forrajes en los trópicos latinoamericanos e informó que: en las tierras altas andinas y los valles de Centroamérica y Colombia, las aplicaciones de nitrógeno a menudo incrementan los rendimientos hasta diez veces. La magnitud de las respuestas varía principalmente con la altura, especies y distribución de la lluvia.

Numerosos ensayos realizados en Colombia, a través de varios años, y algunos ensayos de menor duración en Costa Rica, indican que los niveles óptimos de nitrógeno y los mayores rendimientos de forraje, son encontrados prin-

cialmente en zonas bajas.

El pasto elefante *Pennisetum purpureum* Schum, produjo de 40 a 42 toneladas de materia seca por hectárea, con la aplicación de 600 kilogramos anuales de nitrógeno por hectárea, en las tierras bajas del Atlántico de Costa Rica y Colombia, mientras que en elevaciones de 1500 metros sobre el nivel del mar, en ambos países, los rendimientos óptimos fueron entre 20 y 32 toneladas por hectárea, con la aplicación de niveles de nitrógeno entre 100 y 200 kilogramos por hectárea por año.

Estudios realizados con 20 especies de pastos, en valles de Colombia, mostraron que aplicaciones de 50 y 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea, después de cada corte o pastoreo, produjeron rendimientos óptimos. Un rendimiento promedio anual, de 50 toneladas por hectárea de materia seca, con pasto pangola, se obtuvo en Cali, con la aplicación de 900 a 1200 kilogramos anuales de nitrógeno por hectárea.

En Puerto Rico, se han verificado estudios sobre diferentes niveles de fertilización en el manejo intensivo de pastos y forrajes. Los resultados indican que al cortar el pasto elefante, cada dos meses, el rendimiento anual alcanzó 40 toneladas por hectárea de materia seca, mediante la aplicación de 800 kilogramos de nitrógeno por hectárea y por año. El pasto gordura *Melinis minutiflora* produjo 14 toneladas por hectárea, con una dosis óptima de 200 kilogramos por hectárea, por año. La excelente calidad del

forraje permitió sostener hasta diez unidades animal por hectárea. Niveles adecuados de otros elementos y buenas prácticas culturales, fueron necesarios para obtener dichos rendimientos.

Otro trabajo indica que se obtuvo un promedio de 48 a 56 por ciento de recuperación, del nitrógeno aplicado en pastos de corte. Se recomienda la aplicación de 200 a 800 kilogramos anuales de nitrógeno por hectárea. Se estimó que un 12 por ciento adicional del nitrógeno agregado permanece en el suelo como nitrógeno orgánico, al aplicar 800 kilogramos anuales de nitrógeno, por hectárea, durante cinco años.

De estos trabajos Sánchez (23), concluye que las dosis recomendadas para la producción intensiva de forrajes varían de 2500 a 4000 kilogramos de nitrógeno por hectárea, aplicados al suelo en un período de tres a cinco años. Los experimentos realizados muestran que, en muchos casos, las respuestas fueron lineales, de modo que niveles más altos deben ser incluidos en futuros ensayos, para así obtener mejores estimaciones de dosis óptimas, particularmente si variedades mejoradas y/o prácticas culturales agronómicas más adecuadas son empleadas.

Lotero, Bernal y Herrera (18), informan que el pasto elefante debido a sus características agronómicas de alta producción y rápida recuperación después de cada corte, tiene un elevado consumo de nutrimentos, especialmente nitrógeno, de tal modo que este elemento tiene que ser a-

plicado periódicamente en cantidades más o menos abundantes.

En un ensayo realizado desde 1961 hasta 1965, aplicaron niveles de 0, 50, 100 y 200 kilogramos de nitrógeno por hectárea, después de cada corte.

El pasto elefante respondió a la aplicación de nitrógeno, hasta dosis de 200 kilogramos por hectárea, pero no se justifica hacer aplicaciones superiores a 100 kilogramos por hectárea, después de cada corte. El contenido de proteína en el forraje fue aumentando al incrementar la dosis de nitrógeno.

Lotero, Ramirez y Herrera (19), en un ensayo realizado con pasto elefante, aplicaron uniformemente, al momento de la siembra y después de cada cinco cortes 100 kilogramos por hectárea, de fósforo y 100 kilogramos por hectárea, de potasio. Ellos ensayaron tratamientos de 50 y 150 kilogramos de nitrógeno por hectárea, aplicados después de cada corte. Concluyeron que la aplicación de 150 kilogramos por hectárea, aumentó los rendimientos en forma altamente significativa en relación a la dosis de 50 kilogramos por hectárea, sin embargo parece que económicamente no conviene aplicar más de 50 kilogramos por hectárea, después de cada corte. El nitrógeno aumentó el porcentaje de proteína en el forraje.

Guerrero et al (8), hicieron un experimento con pasto elefante. Aplicaron dosis de nitrógeno de 0, 200, 400 y

600 kilogramos por hectárea, por año, en tres partes. Encontraron que la producción de materia seca se incrementó en forma lineal altamente significativa con la dosis de nitrógeno aplicadas, de manera que con el nivel máximo de 600 kilogramos por hectárea, por año, todavía no se consiguió el máximo rendimiento. La fertilización nitrogenada incrementó el contenido de proteína en el forraje.

Buenaventura (2), trabajó en pasto elefante con niveles de 0, 40, 80, 120 y 160 kilogramos de nitrógeno por hectárea. Encontró que, el pasto elefante respondió positivamente, en la producción de forraje verde y proteína a las aplicaciones de nitrógeno. De este estudio, concluye que la dosis de 120 kilogramos por hectárea, es la que produce el mayor aumento de forraje y proteína.

En otro ensayo de fertilización nitrogenada, en pasto elefante, Chandler et al (4), encontraron que los rendimientos aumentaron con niveles de nitrógeno hasta de 399 kilogramos por hectárea, por año. El contenido y rendimiento de proteína aumentó, hasta con 2247 kilogramos.

Cuando se aplicaron hasta 1348 kilogramos de nitrógeno, más de 60 por ciento fue recuperado en el forraje. Pero la eficiencia de utilización, expresada en términos de forraje seco producido por libra de nitrógeno aplicado, disminuyó cuando se aplicaron más de 449 kilogramos. Los rendimientos de forraje seco, de proteína y el contenido de lignina del forraje, aumentaron al alargarse los intervalos de corte. Sin embargo, el contenido de proteína, fósforo, calcio, magnesio y potasio disminuyó al alargarse el intervalo de corte.

Con un intervalo de corte de 60 días y 899 kilogramos de nitrógeno, por hectárea, que parece ser el tratamiento óptimo, el pasto elefante produjo 50068 kilogramos anuales de materia seca, con un contenido de proteína de 9.7 por ciento. El rendimiento no disminuyó durante los tres años de experimentación, pero varió hasta en un 70 por ciento en promedio, durante distintas épocas del año. Los tratamientos afectaron al crecimiento del pasto, aún seis meses después de concluido el ensayo.

NATERIALES Y METODOS

El ensayo se verificó en el campo experimental de la Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, situada en el kilómetro doce de la carretera norte, a una altura de 55,99 metros sobre el nivel del mar. Los análisis de laboratorio se efectuaron en el Laboratorio de Suelos de Catastro e Inventario de Recursos Naturales.

Las parcelas experimentales estuvieron localizadas en un suelo perteneciente a la serie Cofradías, derivado de cenizas volcánicas de origen aluvial, de color pardo-oscuro, franco, moderadamente profundo (de 60 a 90 centímetros), de topografía plana, bien drenado, con un pH de 7,2, con 14 partes por millón de fósforo (bajo) y más de 500 partes por millón de potasio (alto), (24).

La precipitación pluvial anual de la zona es de 1361,44 milímetros (promedio de diez años) y durante el año del ensayo fue de 1363,0 milímetros. La temperatura promedio mensual es de 26,6°C, la evaporación total media mensual es de 177,55 milímetros y la humedad relativa media anual de 76,6 por ciento, estos datos se hallan resumidos en el cuadro 1.

Los tratamientos se distribuyeron en un diseño de bloques completos al azar, con seis repeticiones. Cada parcela estuvo formada por seis surcos de seis metros de largo por 61 centímetros de ancho.

Se usó la variedad de sorgo híbrido forrajero Sudax 16 (Dekalb) y como fuente de nitrógeno sulfato de amonio (21 por ciento). La cantidad de semilla fue de 20 kilogramos

CUADRO 1. Condiciones climatológicas ocurridas durante el período del ensayo Managua, ENAG - 1969 - B 1/

Meses	Precipitación Pluvial (mm).	Nº de Días Con Lluvia	Humedad Relativa (%) <u>2/</u>	Temperatura (°C) <u>2/</u>	Evaporación (mm)
Agosto 16	128,4	10	86,4	25,9	45,3
Septiembre	255,7	18	86,5	25,8	91,4
Octubre	302,7	25	90,8	21,1	60,8
Noviembre	64,1	12	80,9	25,4	111,0
Diciembre 22	5,3	3	76,1	25,3	132,8
Total	756,2	68	--	--	441,3
Promedio	--	--	84,1	25,5	--

1/ ENAG, 1969 - B = Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería. Postera. Estación Metereológica Las Mercedes. Servicio Metereológico Nacional. Ministerio de Defensa. Nicaragua, 1969. 2/ Promedios mensuales.

por hectárea.

Los tratamientos de nitrógeno consistieron en cinco niveles: 0, 97, 194, 291 y 388 kilogramos por hectárea.

La siembra se hizo el 16 de Agosto de 1969. A todo el ensayo se aplicó fertilización base de 16,25 - 65 - 16,25 kilogramos por hectárea, en el fondo del surco, siendo la fuente la fórmula completa 10 - 40 - 10 para nitrógeno, fósforo (P_2O_5) y potasio (K_2O) respectivamente.

El total de nitrógeno para cada tratamiento fue aplicado en tres partes, la primera 21 días después de la siembra, la segunda y tercera partes, después del primero y segundo corte respectivamente. Estas aplicaciones fueron en banda a un lado de los surcos plantados.

El primer corte se efectuó a los 49 días, el segundo a los 87 y el tercero a los 139, después de la siembra. Al momento de verificarse cada corte, las plantas estaban en estado de prefloración (panzoneadas), midiéndose la altura en cada parcela.

Los cortes se hicieron a machete, a una altura de quince centímetros sobre la superficie del suelo, se pesó el forraje verde de los dos surcos centrales de cada parcela. De este forraje se tomó muestra de cada tratamiento y se determinó el contenido de materia seca (1), en cada uno.

Debido a limitaciones económicas, sólo se determinó el

contenido de proteína cruda en seis muestras de cada corte. Cada muestra estuvo formada por submuestras más ó menos homogéneas, provenientes de cada uno de las parcelas con el mismo tratamiento. Finalmente el contenido de proteína en el forraje se obtuvo multiplicando el factor 6,25 por el contenido de nitrógeno, determinado mediante el método de Kjeldahl.

Con los datos de rendimiento del segundo y tercer corte se ajustó una función de producción (8) parabólica, por mínimos cuadrados (15) del siguiente tipo:

$$Y = a + bX + cX^2$$

Donde Y representa el rendimiento de materia seca, en kilogramos por hectárea, por corte. X corresponde a la dosis de nitrógeno por hectárea y por corte.

Esta función de producción se derivó respecto a la variable independiente (X), se igualó a cero, se resolvió por X y se determinó el nivel de nitrógeno para obtener el mayor rendimiento esperado, de forraje seco, por corte. Con esta función y el precio de venta del forraje seco (P_y) se definió la siguiente función de ingreso bruto:

$$IB = (a + bX + cX^2)P_y$$

con el precio comercial del nitrógeno (P_x), se obtuvo la función de beneficio:

$$B = (a + bX + cX^2)P_y - P_xX$$

esta función esté determinado por la diferencia entre el ingreso bruto y el costo del nitrógeno aplicado.

La función de beneficio se derivó respecto a X , se igualó a cero, se resolvió por X y se determinó así la dosis óptima de nitrógeno, con la cual se espera obtener un beneficio máximo.

RESULTADOS

El rendimiento de materia seca, en el primer corte, mostró una disminución desde 7132 kilogramos por hectárea en la parcela testigo, hasta 5669 kilogramos, cuando se aplicaron 194 kilogramos de nitrógeno por hectárea. Dicho rendimiento fue de 9604 kilogramos, para el nivel aplicado de 291 kilogramos por hectárea y disminuyó a 7449 kilogramos, cuando se aplicaron 388 kilogramos de nitrógeno por hectárea, cuadro 2 y figura 1.

El porcentaje promedio de proteína en este primer corte varió desde 8,67 por ciento en el testigo hasta 15,54 con la aplicación de 291 kilogramos de nitrógeno por hectárea y bajó a 15,13 por ciento al aplicarse 388 kilogramos de nitrógeno por hectárea, cuadro 2.

La altura promedio de las plantas fue de 2,55 metros.

En el segundo corte, el rendimiento de materia seca varió en forma ascendente, desde 2542 kilogramos por hectárea en el testigo, hasta 4968 al aplicarse 291 kilogramos de nitrógeno y descendió a 4458 kilogramos, con la aplicación de 388 kilogramos de nitrógeno por hectárea, cuadro 2 y figura 1.

Mientras tanto el porcentaje promedio de proteína se incrementó de 11,25 por ciento, en el testigo, hasta 15,62 con la aplicación de 291 kilogramos de nitrógeno y bajó a 15,32 al aplicarse 388 kilogramos de nitrógeno por hectárea, cuadro 2.

La altura promedio de las plantas fue de 1,72 metros.

CUADRO 2. Rendimientos de materia seca por hectárea y porcentajes promedios de proteína cruda en sorgo forrajero, obtenidos mediante la aplicación de los niveles de nitrógeno, durante el ensayo. Managua, ENAG - 1969 - B, 1/

Cantidad de N aplicado Kg/Ha	PRIMER CORTE		SEGUNDO CORTE		TERCER CORTE		Total materia seca Kg/Ha
	Materia seca Kg/Ha	Porcentaje promedio de proteína	Materia seca Kg/Ha	Porcentaje promedio de proteína	Materia seca Kg/Ha	Porcentaje promedio de proteína	
●	7132	8,67	2542	11,25	3290	11,20	12972
97	6838	10,50	3898	14,22	4752	13,98	15488
194	5669	14,44	4088	14,44	5880	14,38	15636
291	9604	15,54	4968	15,62	6031	15,57	20602
388	7449	15,13	4458	15,32	5488	15,25	17396

1/ ENAG - 1969 - B = Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería - 1969 - Postrera.

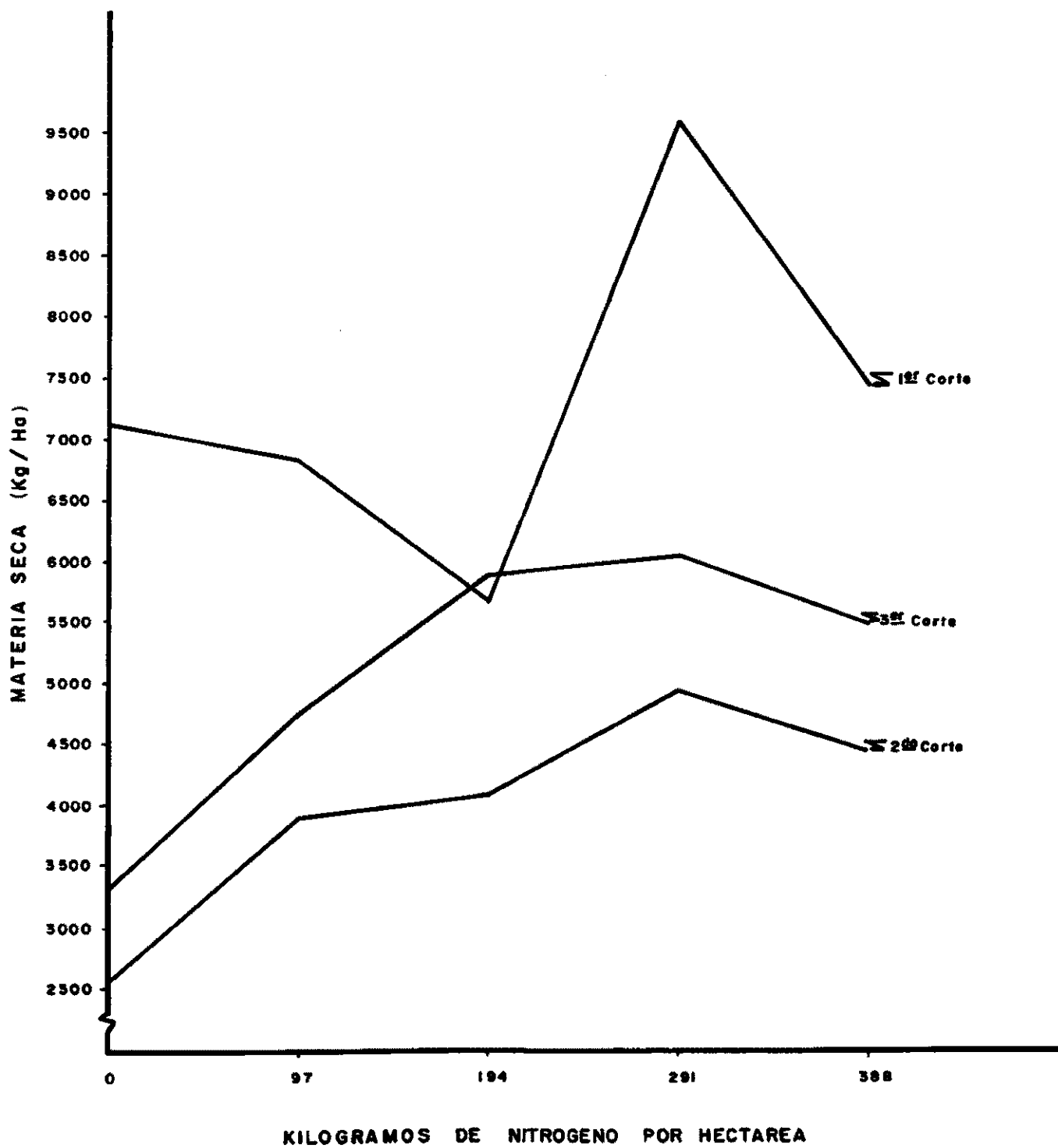


Figura 1 — Rendimientos de materia seca de sorgo forrajero, obtenidos por corte.

El rendimiento de materia seca en el tercer corte también varió desde 3299 kilogramos por hectárea en el testigo, hasta 6031 con la aplicación de 291 kilogramos de nitrógeno por hectárea y descendió a 5488 kilogramos al aplicarse 388 kilogramos, cuadro 2 y figura 1.

En el tercer corte el porcentaje promedio de proteína se incrementó desde 11,20 por ciento hasta 15,57 a medida que se incrementó el nivel de nitrógeno hasta 291 kilogramos por hectárea y disminuyó a 15,25 por ciento al aplicarse 388 kilogramos de nitrógeno, cuadro 2.

La altura promedio de las plantas, en este corte fue de 1,37 metros.

En el cuadro 3, se presentan los resultados del análisis de varianzas para corte y los niveles de significancia para las fuentes de variación. Se aprecia que produjeron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$), entre los niveles de nitrógeno aplicado.

En el cuadro 4, se presenta el análisis de varianzas combinado para el rendimiento total de materia seca, del segundo y tercer corte. Hubo diferencias altamente significativas para los niveles de nitrógeno aplicado, entre cortes y para la interacción cortes por repeticiones. La interacción corte por niveles no fue significativa.

Con los rendimientos obtenidos en los tres cortes, se

CUADRO 3. Análisis de varianza, para el rendimiento de materia seca de sorgo forrajero, por cortes. Managua, ENAG - 1969 - E. 1/

FUENTE DE VARIACION	GL	PRIMER CORTE		SEGUNDO CORTE		TERCER CORTE	
		SC	CM	SC	CM	SC	CM
Repeticiones	5	7,28	1,46*	2,99	0,60 NS	10,41	2,08 NS
Tratamientos	4	25,29	6,40* *	10,27	2,57* *	15,52	3,88* *
Error	20	6,97	0,36	6,45	0,32	16,45	0,82
Total	29	39,84	-	19,71	-	42,38	-

1/ ENAG - 1969 - E = Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería.- 1969 - Postrera. NS = No significativo. * Significativo con 0,05 de probabilidad de error. * * Altamente significativo con 0,01 de probabilidades de error.

CUADRO 4. Análisis de varianza, para el rendimiento total de materia seca, en dos cortes de sorgo forrajero. Managua, ENAG - 1969 - B. 1/

Fuente de variación	GL	SC	CM	Fc
Repeticiones (R)	5	6,17	1,23 NS	1,32
Tratamientos (N)	4	25,66	6,42 * *	6,90
Error (a)	20	18,52	0,93	-
Cortes (C)	1	22,42	22,42 **	101,81
C x R	5	7,23	1,45 * *	6,59
C x N	4	0,14	0,04 NS	0,17
Error (b)	20	4,38	0,22	-
Total	59	84,52	-	-

1/ ENAG - 1969 - B = Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería - 1969 - Postrera. NS = No significativo. * * Altamente significativa con 0,01 probabilidad de error.

ajustó una función(8) parabólica, por mínimos cuadrados (15), se definió un coeficiente de determinación(R^2) de 0,41, que no es adecuado para el propósito del ajuste de dicha función.

Debido a esto, se ajustó la función citada con los resultados del segundo y tercer corte. El coeficiente de determinación resultante fue de 0,83, que es altamente significativa ($P < 0,01$).

La función de producción ajustada es la siguiente; figura 2:

$$Y = 2909,95 + 51,98X - 0,28X^2$$

El ingreso bruto por hectárea, por corte es; figura 3:

$$IB = 261,89 + 4,68X - 0,025X^2 \quad +$$

El beneficio esperado, por hectárea y por corte, es:

$$B = 261,89 + 1,95X - 0,025X^2 \quad ++$$

- + El precio de venta(P_y), considerado, de un kilogramo de forraje seco fue de \$0,09. Este precio puede variar debido a muchos factores, como la región, precipitación pluvial, época del año etc.
- ++ El costo(P_x), considerado, de un kilogramo de nitrógeno fue de \$2,73, precio comercial para Enero de 1972. Se usó este precio, por ser el actual al momento de verificarse los cálculos.

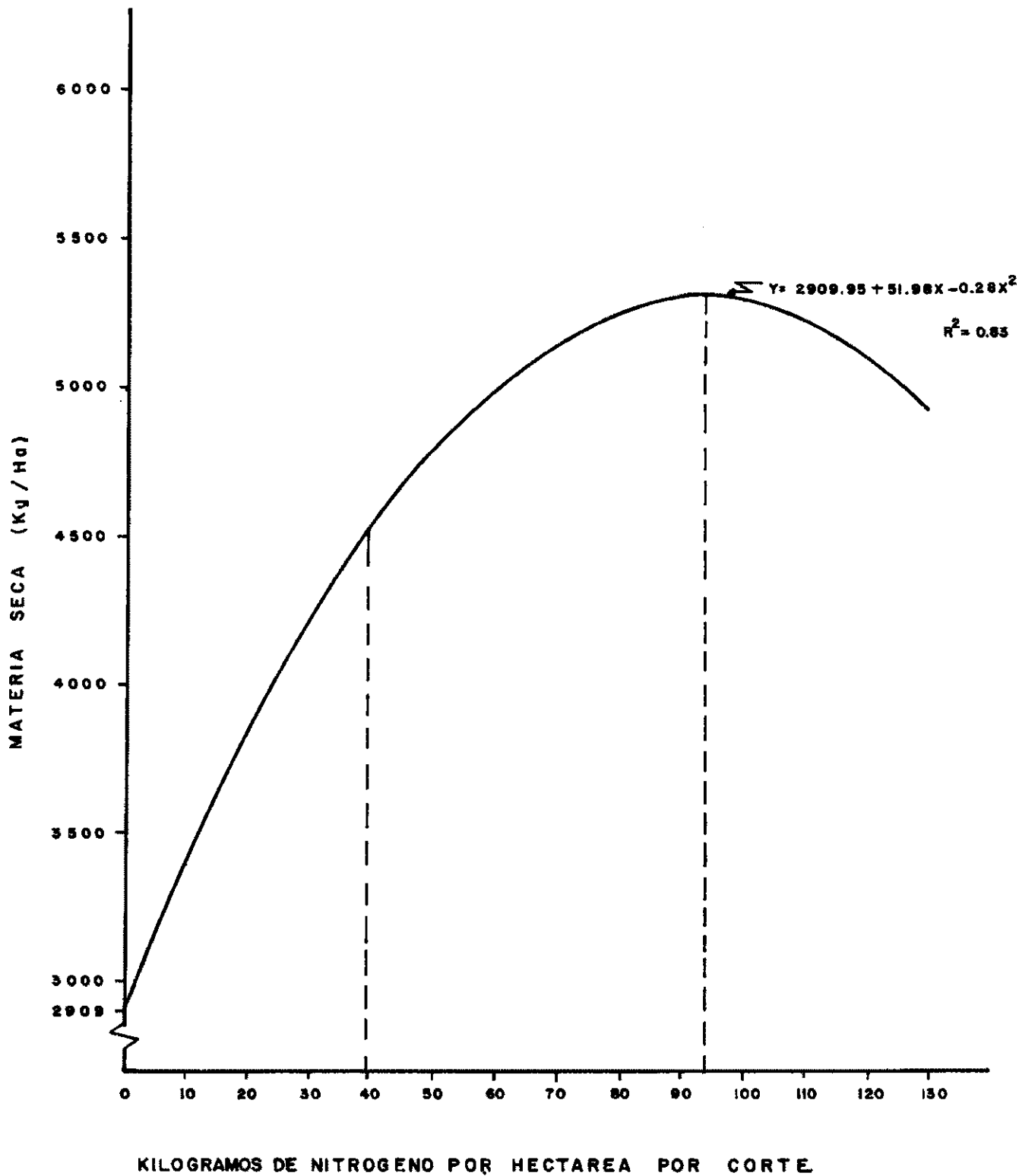


Figura 2 — Función de producción ajustada

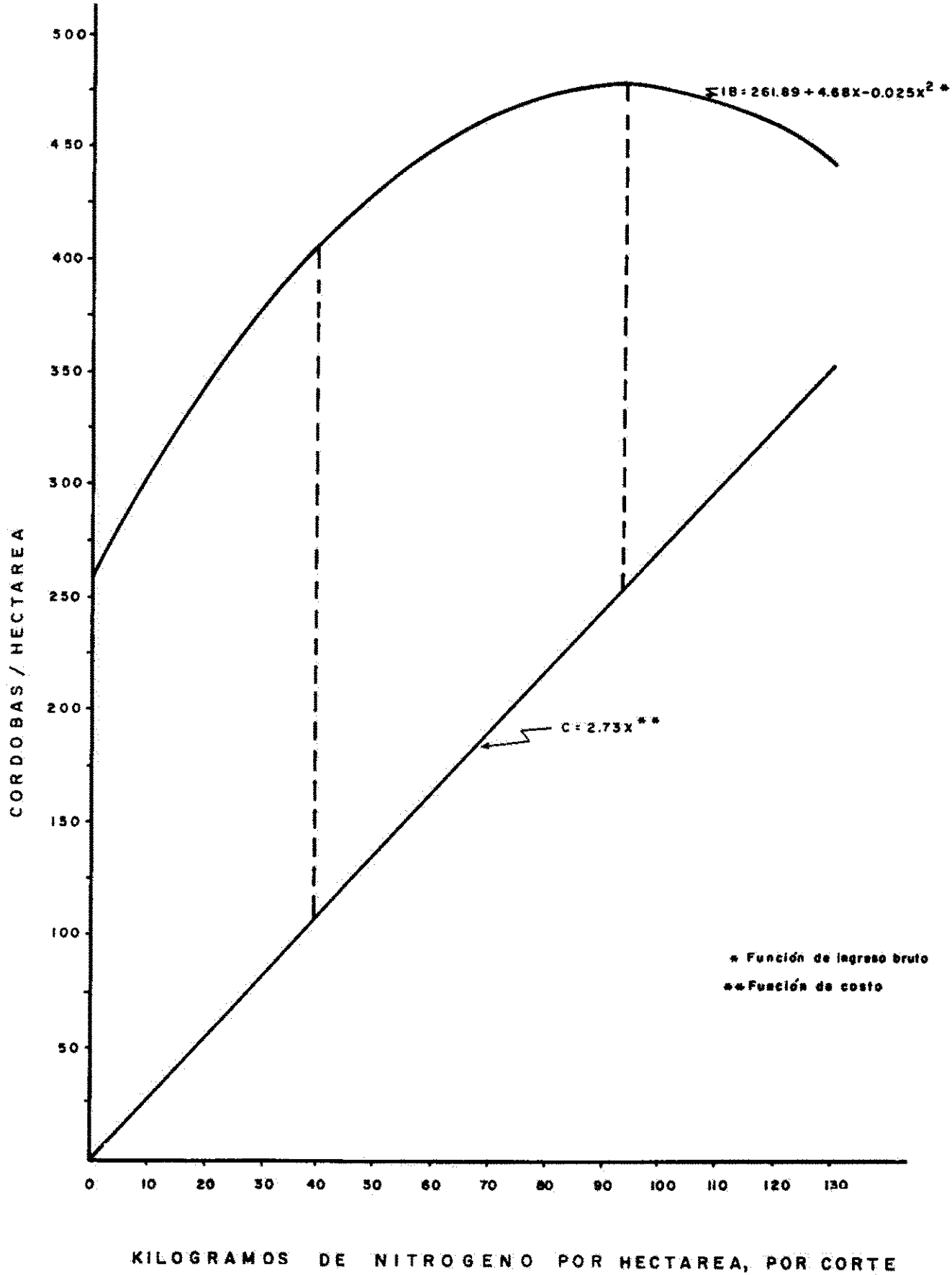


Figura 3 — Relación entre el ingreso esperado y el costo del nitrógeno aplicado por corte, en sorgo forrajero.

Este beneficio, esté relacionado solo con la dosis de nitrógeno aplicado, si se asume que los demás factores de producción se mantienen constantes en todos los tratamientos.

La dosis de nitrógeno, mediante la cual se obtendría el mayor rendimiento esperado, de forraje seco, por hectárea y por corte, resultó de 93 kilogramos. La dosis óptima fue de 39 kilogramos de nitrógeno, por hectárea y por corte. Con la aplicación de 39 kilogramos, por hectárea, por corte, a partir del segundo, se espera obtener un rendimiento tal que permite alcanzar un beneficio máximo, en las condiciones específicas en las que fue realizado el experimento.

DISCUSION

De acuerdo a los resultados obtenidos, los niveles de nitrógeno determinaron diferencias notables en el rendimiento de materia seca y en el contenido promedio de proteínas en el forraje, verificando así lo encontrado en otras investigaciones (2, 3, 4, 6, 8, 11, 12, 13, 15, 18, 19, 22)

Sin embargo, durante el primer corte, se encontraron resultados que están en contradicción con los obtenidos por otros investigadores, en cuanto a los rendimientos de forraje, cuadro 2. La tendencia del rendimiento, de materia seca en el primer corte, fue en proporción inversa a la aplicación del nitrógeno, hasta el nivel de 194 kilogramos por hectáreas, en contraposición a los dos cortes restantes que presentaron una tendencia cuadrática (figura 1), con un máximo en el nivel de 291 kilogramos por hectárea, ajustándose así a lo propuesto por Mitscherlich y Spillman, citados por Tisdale y Nelson (25).

Al tratar de estimar la función de producción con los resultados de los tres cortes, el coeficiente de determinación refleja que solo el 40 por ciento del rendimiento es atribuible al efecto de los tratamientos. En cambio, al ajustar dicha función, para el segundo y tercer corte, se obtuvo un coeficiente de determinación igual a 0,83 ó sea que el 83 por ciento es debido al efecto de los tratamientos.

Estos resultados revelan que, en la época del primer corte concurren factores no controlados que determinaron efectos muy difíciles de explicar, de acuerdo con Hjelm y Sandqvist(10). Posiblemente, en este caso, fue debido a una inadecuada aplicación del fertilizante, en la primera etapa

del crecimiento del sorgo. Por estas razones los resultados del primer corte fueron eliminados al calcular el análisis de varianza combinado, para el rendimiento total de materia seca, cuadro 4, al estimar la función de producción y en el posterior análisis económico.

Durante el ensayo, el mayor rendimiento de materia seca se obtuvo al aplicar 291 kilogramos de nitrógeno por hectárea, cuadro 2, pero el rendimiento máximo esperado se obtendría con el nivel de 273 kilogramos (93 kilogramos por corte) y el nivel óptimo corresponde a 117 kilogramos o sea 39 kilogramos por corte, figura 2. Esta situación ha sido afrontada por muchos investigadores (2, 4, 12, 18, 19, 21), los cuales sugieren que, a pesar de los rendimientos máximos obtenidos con niveles altos de nitrógeno, es recomendable y más práctico, en muchos casos, aplicar niveles más bajos.

En la figura 3, se aprecia objetivamente que el beneficio máximo corresponde al nivel óptimo determinado (39 kilogramos por hectárea por corte). En efecto, la distancia entre la curva de ingreso bruto y la de costo, que es el beneficio esperado, es mayor en el punto correspondiente al nivel óptimo que en cualquier otro punto. Para el nivel de 93 kilogramos por hectárea por corte, con el cual se espera el rendimiento máximo, la distancia entre las dos curvas es menor, debido a que se incurriría en mayores costos para obtener dicho rendimiento.

El nivel óptimo determinado tiene relación directa con el rendimiento, puesto que si éste aumenta hay opción a elevar dicho nivel. Así mismo, si el precio del forraje su-

mento, o el precio del fertilizante disminuye, también, se puede elevar dicho nivel óptimo.

Por el contrario, si el precio del producto disminuye o el precio del fertilizante aumenta, el nivel óptimo descenderá para que se pueda alcanzar un beneficio máximo, en esas condiciones. Además, si otros factores de producción son operados con mayor eficiencia, de tal manera, que se logre aumentar el rendimiento, ésto permitirá elevar el nivel óptimo del fertilizante aplicado. (25).

El aumento del contenido promedio de proteína cruda en el forraje, fue en proporción directa con el aumento en los niveles de nitrógeno. Este resultado coincide con lo observado en otras investigaciones(2, 3, 4, 8, 12, 18, 19).

→ Debido a la menor altura de las plantas, menor grosor del tallo y en general a plantas más débiles, la tendencia del rendimiento fue disminuir a medida que se aumentó el número de cortes (8, 14, 21). A pesar de ésto, el tercer corte rindió más que el segundo, que se explica por el mayor porcentaje de materia seca del forraje, como efecto de un período de crecimiento con menor cantidad de precipitación pluvial y mayor cantidad de evaporación, cuadro 1.

La interacción cortes por niveles, no fue significativa, cuadro 4. Esta respuesta se debió a que la tendencia del rendimiento de materia seca, en el segundo y tercer corte, fue similar y de acuerdo a la ley de rendimientos decrecientes.

CONCLUSIONES

1. Los niveles de nitrógeno determinaron diferencias altamente significativas en los rendimientos de materia seca, a través de todo el ensayo.
2. El nivel de nitrógeno que permitió obtener el mayor rendimiento de forraje seco, durante el ensayo, fue de 291 kilogramos por hectárea.
3. Después del primer corte, el nivel que económicamente conviene aplicar es de 39 kilogramos por hectárea, por corte.
4. El nivel de nitrógeno que permitió obtener el mayor porcentaje promedio de proteína cruda, durante el ensayo, fue de 291 kilogramos por hectárea.

RESUMEN

Se realizó un experimento con sorgo forrajero, durante los meses de Agosto a Diciembre de 1969, en el campo experimental de la Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, situada en el kilómetro doce de la carretera Norte, a 55,99 metros sobre el nivel del mar, en un suelo de la serie Cofradías, derivado de cenizas volcánicas aluviales, (24). La precipitación pluvial anual de la zona es de 1361,44 milímetros, la temperatura promedio mensual de 26.6°C, la evaporación total, media mensual de 177,55 milímetros y la humedad relativa, media anual de 76,6 por ciento.

Se aplicaron niveles de nitrógeno de 0, 97, 194, 291 y 388 kilogramos por hectáreas divididos en tres partes, cuyo fuente fue sulfato de amonio, la variedad de sorgo forrajero Sudex 16 (Dekalb).

A través de los tres cortes efectuados, el nivel con el que se obtuvo los mejores resultados fue de 291 kilogramos, incrementó el rendimiento de materia seca de 12972 kilogramos por hectárea a 20602 kilogramos y el porcentaje promedio de proteína de 10,37 a 15,57 por ciento.

Con los resultados de los dos últimos cortes, se ajustó una función de producción, que permite pronosticar el rendimiento de materia seca, a obtenerse en cada corte, a partir del segundo. También se determinaron las funciones de ingreso bruto y de beneficio esperado. Con estas funciones se estimó el nivel de nitrógeno con que se obtendría el mayor rendimiento esperado, por hectárea y por corte, que resultó ser de 93 kilogramos. Así mismo se estimó el nivel óptimo que fue de 39 kilogramos de nitrógeno.

LITERATURA CITADA

1. BATEMAN, JOHN V. 1970. Nutrición Animal. Manual de Métodos Análíticos. México. Centro Regional de Ayuda Técnica. pp: 123 - 131.
2. BUENAVENTURA, P.R. 1962. Respuestas del pasto elefante Pennisetum purpureum Schum a la aplicación de fertilizantes nitrogenados. Acta Agronómica (Colombia) 12(1 y 2): 3 - 13.
3. BURLESON, C. A. COWLEY, W. R. & OTEY, G. 1956. Effect of Nitrogen Fertilization on Yield and Protein Content of Grain Sorghum in the Lower Rio Grande Valley of Texas. Agr. Jour. 48(11): 296 - 301.
4. CHANDLER, V. et al. 1959. Effects of nitrogen fertilization and frequency of cutting on the yield and composition of Napier grass in Puerto Rico. Jour. of Agriculture of University of Puerto Rico. 43(4): 215 - 227.
5. COLOMBIA. MINISTERIO DE AGRICULTURA. SERVICIO DE EXTENSION. 1960. Sorgo Forrajero. Campaña Nacional. In JIMENEZ V. 1966. Ensayo de fertilización en sorgo forrajero Sorghum vulgare Pers en la zona del Pacífico Norte. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica. 53 p. (impresa).
6. FERNANDEZ, F. e IGLESIAS, G. 1963. Ensayo de niveles de nitrógeno. Universidad de Costa Rica. Estación Experimental "Fabio Baudrit N". 4 p.

7. FRY, ERVIL S. 1968. Consejos prácticos sobre el cultivo del sorgo. El Agriculture Asgrow. Connecticut, Asgrow Seed Company Internacional. 14 p.
8. GUERRERO, R. FASSBENDER, G. y BLYDENSTEL, J. 1970. Fertilización del pasto elefante Pennisetum purpureum Schum en Turrialba, Costa Rica. I. Dosis crecientes de nitrógeno. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas. Turrialba 20(1): 53 - 58.
9. HEADY, E. O. and DILLON, J. L. 1961. Agricultural production functions. Iowa State University Press. pp: 475 -525.
10. HJELM, L. and SANDQVIST, E. Productivity Studies in Swedish Agriculture. In Wold, G.O.A. (ed). 1967. Econometric Model Building. Amsterdam, North Holland Publishing Company. pp: 350 - 354.
11. HOLMES, W. 1968. The use of nitrogen in the management of pasture for cattle. Univ. London. Herbage Abstr 38(4): 265 - 277. (Original no consultado; compendio en Fertilizer Abstracts 2(5): 106, 1969)
12. HOVELAND, C. S. ANTHONY, W. S. & SCARSBROCK, C. E. 1967. Effect of management on yield and quality of Sudex Sorghum-Sudan Hybrid and Gahi-1 Pearl millet. Auburn University. Agricultural Experiment Station. Leaflet 76. 7 p.
13. ILGIN, W.S. 1958. Experimento sobre abono de plantas

forrajeras en un suelo rojo laterítico. *Agronomía Tropical (Venezuela)* 8(1): 17 - 25.

14. JIMENEZ V., J.R. 1966. Ensayo de fertilización en sorgo forrajero *Sorghum vulgare Pers* en la zona del Pacífico Norte. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica. 53 p. (impresa)
15. JIRON, M.D. 1964. Ensayo de fertilización en sorgo forrajero *Sorghum vulgare Pers* en el Cantón Central de Liberia, Guanacaste, Costa Rica. Tesis Ing. Agr. Universidad de Costa Rica. 68 p. (impresa).
16. JOHNSTON, J. 1967. Métodos de Econometría. Traducción del inglés por A. Herranz Yuste. Barcelona,
17. MACKENZIE, D.N. 1969. Recycling of grain and forage sorghum. *Sorghum News Letters*. 12: 9.
18. LOTERO, C. J. BERNAL, E.J. y HERRERA, P.G. 1967. Distancia de siembra y aplicación de nitrógeno en pasto elefante. *Revista ICA (Colombia)* 11(2): 123 - 133.
19. LOTERO, C.J. RAMIREZ y HERRERA, P.G. 1968. Fuentes, dosis y métodos de aplicación de nitrógeno en pasto
20. QUENBY, J.R. et al. 1968. Grain sorghum production in Texas Agricultural Experiment Station. *Bulletin* 912. 35 p.

21. RIVERA, J.G. 1967. Efecto de la fertilización, en la producción de materia verde, en dos variedades de sorgo forrajero. Tesis Ing. Agr. Managua, Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería. 48 p. (mimeografiada).
22. RODRIGUEZ, C.S. 1965. Efecto de abonamiento, distancia y densidad de siembra en el rendimiento y contenido de proteína del millo criollo *Sorghum vulgare* Pers. *Agronomía Tropical* (Venezuela), 14(4): 277 - 289.
23. SANCHEZ, P.A. 1972. Nitrogen Fertilization. In (ed). A review of soils research in tropical Latin América. North Carolina State University at Raleigh. Soil Science Department. pp: 141 - 144.
24. TAX IMPROVEMENT and natural resources inventory. 1971. Soil survey of the pacific region of Nicaragua. Descriptions of soil. Final Technical Report. Volume II. p. II - 338.
25. TISDALE, S.L. and NELSON, W.L. 1966. Soil Fertility and Fertilizers. 2nd. ed. U.S.A. Mac Millan. pp: 607 - 611.
26. VARGAS, R y ROJAS, E. 1957. Sorgos forrajeros y escoberos. Ministerio de Agricultura. Perú, Informe Nº. 102. 10 p.
27. WALTON & HOLT. 1958. The culture of sorghum for forage. U.S. Department of Agriculture, Bulletin 912. 35 p.