

" EVALUACION DE LA RESPUESTA A LA FERTILIZACION NITROFOSFO-  
RICA EN SORGO FORRAJERO ( Sorghum bicolor (Linn) Moench )  
BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN ROSARIO TESOPACO, SONORA.  
CICLO VERANO 1985.

T E S I S

SOMETIDA A LA CONSIDERACION DE LA  
ESCUELA DE AGRICULTURA Y GANADERIA

DE LA

UNIVERSIDAD DE SONORA

POR

JESUS RAFAEL VALENZUELA BORBON

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER  
EL TITULO DE INGENIERO AGRONOMO CON  
ESPECIALIDAD EN FITOTECNIA

MAYO DE 1986

# Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos  
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess



## A G R A D E C I M I E N T O S

El presente estudio forma parte del Plan Regional - de Investigación que se realiza en el Campo Agrícola Experimental Valle del Mayo.

El autor hace patente su agradecimiento a los directivos del Centro de Investigaciones Agrícolas del Noroeste -- ( CIANO ) y al Patronato para la Investigación y Experimentación Agrícola del Estado de Sonora ( PIEAES ) por el apoyo y facilidades atorgados para la culminación de este trabajo.

Al M.C. Miguel Angel Chavira López, Coordinador Regional de Investigación del Campo Agrícola Experimental Valle del Mayo, por su valiosa participación.

Al M.C. José Juan Duarte Ramírez, por su valiosa -- cooperación en la asesoría del mismo.

A los Ings. Mario A. Alvarez R., Agustín F. Romo A. y Francisco Javier Gámez Romero, Maestros de la Universidad - de Sonora, por sus acertadas correcciones.

Al C. Ernesto Pacheco Soto, Bibliotecario del Campo Agrícola Experimental Valle del Mayo, por su colaboración en la mecanografía de este escrito.

A toda persona que intervino, de una u otra forma, - en la elaboración del presente trabajo.



D E D I C A T O R I A

CON EL AMOR DE SIEMPRE

A mis padres: Rafael Valenzuela Miranda  
Adela Borbón de Valenzuela

A mis hermanos: Manuel de Jesús  
J. Blanca Esthela  
J. del Carmen  
J. Elvia  
J. Humberto

A mi esposa: Chepy

A mis hijos: Jesús Rafael  
Ricardo de J.



# C O N T E N I D O

	PAG
INTRODUCCION .....	1
LITERATURA REVISADA .....	3
MATERIALES Y METODOS .....	14
RESULTADOS .....	19
DISCUSION .....	34
RESUMEN Y CONCLUSIONES .....	38
BIBLIOGRAFIA .....	41
APENDICE .....	45



## INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

	PAG
<u>CUADRO 1.</u> - Análisis de varianza de rendimiento de forraje verde de sorgo forrajero de - temporal en el municipio de Rosario Te sopaco, Sonora. Ciclo Verano 1985.....	20
<u>CUADRO 2.</u> - Comparación de 13 medias de rendimiento de forraje verde de sorgo forrajero en el municipio de Rosario Tesopaco, - Sonora. Ciclo Verano 1985.....	21
<u>CUADRO 3.</u> - Análisis de varianza de los efectos de los tratamientos en el rendimiento de forraje verde de sorgo forrajero. Rosa rio Tesopaco, Son. Ciclo Verano 1985.....	23
<u>CUADRO 4.</u> - Comparación de 9 medias de rendimiento de forraje verde de sorgo forrajero en el municipio de Rosario Tesopaco, Son. Ciclo Verano 1985.....	23
<u>CUADRO 5.</u> - Análisis de varianza de un cuadrado me dio ortogonal del modelo cuadrático en el municipio de Rosario Tesopaco, Son. Ciclo Verano 1985.....	24
<u>CUADRO 6.</u> - Rendimiento de forraje verde de sorgo forrajero ( ton/ha ) obtenido y estima do a partir del modelo de regresión -- múltiple en el municipio de Rosario Te sopaco, Sonora. Ciclo Verano 1985.....	26
<u>CUADRO 7.</u> - Presupuesto parcial para los tratamien tos de fertilización en sorgo forraje ro en el municipio de Rosario Tesopaco, Sonora. Ciclo Verano 1985.....	28



<u>CUADRO 8.</u> - Análisis marginal de los tratamientos seleccionados de fertilización y tasas de retorno al capital en sorgo forrajero en el municipio de Rosario Tesopaco, Sonora. Ciclo Verano 1985.....	29
<u>CUADRO 9.</u> - Análisis de varianza de forraje seco de sorgo forrajero en el municipio de Rosario Tesopaco, Sonora. Ciclo Verano 1985.....	30
<u>CUADRO 10.</u> - Análisis de varianza del número de hojas por planta de sorgo forrajero en el municipio de Rosario Tesopaco, Sonora. Ciclo Verano 1985.....	30
<u>CUADRO 11.</u> - Análisis de varianza de días a floración de sorgo forrajero en el municipio de Rosario Tesopaco, Sonora. Ciclo Verano 1985.....	31
<u>CUADRO 12.</u> - Análisis de varianza de altura de planta de sorgo forrajero en el municipio de Rosario Tesopaco, Sonora. Ciclo Verano 1985.....	31
<u>CUADRO 13.</u> - Significación estadística de días a floración de sorgo forrajero en el municipio de Rosario Tesopaco, Sonora.- Ciclo Verano 1985.....	32
<u>CUADRO 14.</u> - Significación estadística de forraje seco de sorgo forrajero en el municipio de Rosario Tesopaco, Sonora. Ciclo Verano 1985.....	33
<u>CUADRO 15.</u> - Costos de producción del cultivo de sorgo forrajero para ensilaje bajo condiciones de temporal en el municipio de Rosario Tesopaco, Sonora. Ci--	



	clo Verano 1985.....	46
<u>CUADRO 16.</u>	- Desarrollo cronológico del cultivo de sorgo forrajero de temporal en el municipio de Rosario Tesopaco, Sonora.- Ciclo Verano 1985.....	47
<u>CUADRO 17.</u>	- Plagas, dosis y productos comerciales utilizados para su control durante el ciclo del cultivo de sorgo forrajero de temporal. Rosario Tesopaco, Sonora. Ciclo Verano 1985.....	48
<u>CUADRO 18.</u>	- Características físico-químicas del suelo donde se estableció el trabajo de evaluación de sorgo forrajero en el municipio de Rosario Tesopaco, Sonora. Ciclo Verano 1985.....	49
<u>FIGURA 1.</u>	- Matriz cuadrado doble ortogonal.....	50
<u>FIGURA 2.</u>	- Comparación de rendimientos de forraje verde en sorgo forrajero con 7 dosis de fertilización nitrofosfórica.....	51
<u>FIGURA 3.</u>	- Análisis de dominancia de datos de -- fertilización en sorgo forrajero, Rosario Tesopaco, Sonora. Ciclo Verano-1985.....	52
<u>FIGURA 4.</u>	- Respuesta del sorgo forrajero a la -- fertilización nitrogenada. Rosario Te sopaco, Sonora. Ciclo Verano 1985.....	53
<u>FIGURA 5.</u>	- Respuesta del sorgo forrajero a la -- fertilización fosfórica. Rosario Teso paco, Sonora. Ciclo Verano 1985.....	54



<u>FIGURA 6.</u> - Temperaturas presentes durante el desarrollo del experimento. Rosario Tesopaco, Son. Ciclo Verano 1985.....	55
<u>FIGURA 7.</u> - Distribución e intensidad de precipitaciones pluviales en la localidad de Rosario Tesopaco, Sonora. Ciclo Verano 1985.....	56
<u>FIGURA 8.</u> - Balance hídrico entre el uso consuntivo del sorgo forrajero y la lluvia -- mensual. Rosario Tesopaco, Sonora. Ciclo Verano 1985.....	57
<u>FIGURA 9.</u> - Ubicación del municipio de Rosario Tesopaco en el Estado de Sonora.....	58
<u>FIGURA 10.</u> - Municipio de Rosario Tesopaco, Son.....	59



## INTRODUCCION

La superficie agrícola mundial ( 1,432 millones de hectáreas ), se siembra en un 86% bajo condiciones de temporal con las agravantes implícitas en su explotación y bajo -- una gamma de diversidad de sistemas de producción y características etnológicas. En la República Mexicana el área cultivada bajo temporal corresponde a 16 millones de hectáreas, contra 5 millones que cuentan con los beneficios del riego.

El Estado de Sonora se caracteriza por sus logros y avances en la agricultura empresarial y de riego, en un tipo de explotación modernista altamente tecnificada; sin embargo, subsiste un tipo de explotación agropecuaria de temporal que abarca 40,000 hectáreas agrícolas y 15 millones de agostadero.

En el Municipio de Rosario Tesopaco, localizado en el sureste del Estado de Sonora, la actividad principal es la ganadería, seguida por la agricultura, integrados ambos sistemas, bajo condiciones de temporal. En promedio tiene una precipitación anual de 622 mm distribuidos, un 83% en los meses de julio a octubre, el resto en noviembre a febrero, siendo la probabilidad de lluvia cercana a cero en el resto del año; el 50% de la superficie agrícola ( 1,000 hectáreas ) se siembra con sorgo forrajero, donde el ensilaje es la práctica más común para abastecer de forraje al ganado en la época de escasez, que ocurre normalmente de marzo a junio. Dentro de las principales limitantes para producir forraje en la región, se tiene la distribución errática de las lluvias, falta de maqui



naria, así como de un sistema de producción integrado que optimice los recursos hídrico, edáfico y humano.

De acuerdo a las condiciones antropoecológicas de la región, el cultivo del sorgo forrajero puede llegar a contribuir una mayor fuente de forraje para ensilaje y consumo en fresco.

Considerando que los rendimientos promedios obtenidos por el productor regional son del orden de 16 ton/ha de forraje verde, es factible incrementar significativamente los rendimientos unitarios de forraje, al determinar un sistema de producción en el que juega un papel de suma importancia la fertilización nitrófosfórica, por lo que el objetivo principal del presente trabajo es determinar la dosis óptima económica de ambos elementos que permitan lo anterior y que al aplicarse de una manera racional, adecuada y pragmática, se pueda disponer de mayores volúmenes de forraje de buena calidad.



## LITERATURA REVISADA

Se cree que el sorgo ( Sorghum bicolor (Linn) Moench ) es originario de Africa Oriental, probablemente de Etiopía o Su dán. Su propagación a otras regiones del Mundo se le atribuye a la mano del hombre. Se conoció en la India desde épocas prehistóricas, y se sabe que se producía en Asiria en el año 700 A.C., Plinio dijo que había sido llevado a Roma desde la India y llegó a China hasta el siglo XIII y al hemisferio occidental hasta el siglo XVIII ( 18 ).

El primer sorgo cultivado llegó a América en 1853 por el puerto de Nueva York en Estados Unidos de Norteamérica, y fue establecido por primera vez en California en 1874. No se tienen referencias sobre el lugar y fecha de introducción a México, sin embargo, se tiene la impresión de que esto sucedió a fines del siglo pasado ( 2 ).

El sorgo forrajero ha destacado sobre otros cultivos forrajeros desde su introducción. La semilla de los híbridos se empezó a producir en gran escala en los Estados Unidos de Norteamérica en 1956, después de haberse logrado la esterilidad masculina citoplásmica y haberse encontrado las líneas progenitoras adecuadas; los híbridos para forraje se obtienen cruzando a un sorgo de grano como progenitor femenino; los progenitores masculinos son un sorgo para forraje ( 17 ).

En México adquiere importancia aproximadamente en el año de 1958 en la Zona Norte de Tamaulipas, al iniciarse el desplazamiento del cultivo del algodón en dicha región, con el-



transcurso de los años su cultivo se ha extendido prácticamente a todos los estados del País, donde los principales estados productores son: Tamaulipas, Guanajuato, Sinaloa, Sonora, Michoacán, Jalisco y algunos otros más ( 18 ).

Los sorgos son miembros de la familia de las gramíneas, dividida a su vez en dos subfamilias (Hitchcock, 1950), la de las panicoideas ( caracterizadas generalmente por inflorescencias asimétricas, con todas las espiguillas hacia un lado, y otros rasgos distintivos ). Comprende a las andropogóneas, dentro de las cuales se agrupan los sorgos ( 25 ).

Foster, G. O. y W.J. Moline mencionan que los sorgos forrajeros tienen tallos suculentos y dulces, escaso rendimiento de grano y alturas de 1.8 a 4.2 m; sus semillas por lo general son más pequeñas que las de los sorgos graníferos; los de doble propósito tienen tallos jugosos, regular cantidad de granos y alcanzan alturas de 1.5 a 2.4 m. Estas características se oponen a las del sorgo granífero ( tipo cosecha mecánica ), que tienen tallos secos, gran cantidad de grano y madura a una altura de 0.9 a 1.2 m.

Los sorgos forrajeros se cosechan principalmente de las siguientes maneras: pastoreo, picado en verde, henificado y ensilado, debido al gran contenido de humedad en la cosecha ( 25 ).

Se cultivan ampliamente en las zonas tropicales y templadas; pueden desarrollarse en regiones muy áridas; tienen mayor capacidad para tolerar sequías y excesos de sales que la



mayor parte de las plantas cultivadas, esto hace que sean un grupo valioso en zonas con lluvias limitadas, donde la precipitación media anual oscila en 435-625 mm, la temperatura favorable para su crecimiento es de 26.5°C, siendo la mínima de 15.5°C; a causa de su necesidad de temperatura, rara vez se cultiva en altitudes superiores a los 1,800 m s n m.

Las principales características que dan resistencia a sequías son: la distribución y ramificación del sistema radicular, también presenta una serie de hileras de células higroscópicas que se encuentran a los lados de la nervadura central, las que causan que las hojas se doblen en lugar de enrollarse, como el maíz; este doblamiento de las hojas se lleva a cabo más rápidamente que el enrollamiento, disminuyendo la transpiración; además, las hojas tienen una capa cerosa que contribuye a hacer las especies resistentes a sequía; después que sus primeras hojas se doblan, tiene una mayor eficiencia que el maíz en lo que a consumo de agua se refiere ( 7, 18, - 25 ).

Debido a que la temperatura es un factor limitante en su adaptación, ya que no prospera con bajas temperaturas, y considerando la precipitación como factor limitante en la agricultura de temporal, se le ha propuesto como una alternativa para los valles altos de México ( 2,240 m s n m ), donde prevalecen temperaturas bajas; y por tal motivo, se inició un programa para obtener variedades adaptadas, lográndose en el año de 1972, 746 líneas tolerantes al frío, destacando las variedades Nyundo y Mabere ( 9 ).



En la agricultura de temporal, el manejo del suelo para la máxima conservación de humedad bajo cualquier condición de precipitación, se puede lograr con labores profundas y con la adición de materia orgánica incorporada al suelo con un barbecho o como cubierta del suelo para evitar la evaporación, así mismo, el laboreo superficial para crear la llamada cubierta de polvo para romper la continuidad de los poros capilares, reduciendo así la velocidad con que el agua se transmite a la superficie del suelo ( 6 ).

El sorgo forrajero comprende los de doble propósito y los híbridos de gran desarrollo para forraje. Los sorgos de doble propósito se clasificaron como sorgos para grano en los tiempos en que se hacía la recolección a mano, pero también se sembraban para producir forraje; a algunos híbridos, debido a su altura intermedia, se les consideraba como tipo de doble propósito.

Los tipos de doble propósito producen aproximadamente el 75% del rendimiento de los tipos forrajeros más productivos. Se ha comprobado que el forraje contiene más del 50% de nutrientes digestibles, con un promedio de 8% de proteína, 2.5% de grasas y el 45% de extractos no nitrogenados ( 7,25 ).

Rivera, en Ciudad Delicias, Chihuahua, recomienda en sorgos forrajeros para un corte, las variedades NK-230 y Beef builder T; para dos cortes, las variedades Milk Maker, FS-331, NK-320 y Titán-R; además, recomienda sembrar a chorrillo y emplear de 12-15 kg/ha de semilla, y cosechar para ensilaje cuando el grano se encuentre en estado lechoso maso



so ( 11 ).

Semple afirma que el valor nutritivo de las plantas es mayor en etapa inmadura, es por eso que hay una gran venta ja en cosechar las plantas y almacenarlas para uso posterior.

Según estudios hechos, se considera que el daño que puede sufrir el ensilado por la acción de la interperie es po co o ninguno, por lo general éste se conserva del 80 al 85% - del valor nutritivo del forraje verde recién cortado. En cambio, cuando se henifica, aun en buenas condiciones climáticas, sólo se conserva del 70 al 75% del valor alimenticio original. Además, en el ensilaje de pastos, el contenido de proteínas - es mayor y el contenido de caroteno es también varias veces - mayor al del heno ( 20 ).

Valenzuela recomienda los híbridos forrajeros para ensilaje: Beef builder, Sudax SX-17 y Grazer N, para la región temporalera de Rosario Tesopaco y Quiriego, Sonora, los cuales son los más rendidores para las condiciones de temporal - ( 24 ).

Woodhouse menciona que es muy antigua la práctica - de aplicar fertilizantes al suelo para mantener y mejorar la fertilidad cuando han perdido sus elementos nutritivos a causa de la extracción hecha por las cosechas, el lavado, la ero sión y la lixiviación, o cuando se desea obtener rendimientos cada vez mayores, ésta va siendo cada vez más vital a medida que crece la población mundial. El problema consiste en saber qué es lo que el suelo puede proporcionar, qué es lo que ex--



trae la cosecha, y la solución sería cubrir las diferencias a plicando fertilizantes ( 7 ).

Para zonas de buen temporal, con precipitación mayor de 700 mm anuales, se recomienda fertilizar al sorgo forrajero con 140 kg de nitrógeno y 40 kg de fósforo por hectárea, a plicados antes o al momento de la siembra ( 13 ).

En el sur de Sonora se sugiere fertilizar al sorgo forrajero de temporal con 90 kg de nitrógeno y 40 kg de fósforo por hectárea, aplicándolos antes o al momento de la siembra e incorporándolos el día de la aplicación ( 14 ).

Dahatonde y Aldhao, en la India, evaluaron dosis de nitrógeno y fósforo en sorgo para doble propósito bajo condiciones de temporal deficiente y determinaron que la producción de grano se incrementa de 1.66 ton/ha a 4.25 ton/ha con 150 kg de nitrógeno por hectárea. Lo anterior lo efectuaron en el año de 1973, y en 1974 encontraron una respuesta similar, ya que al aplicar 200 kg de nitrógeno por hectárea, no se tuvo incremento en la producción de grano y forraje fresco; no hubo respuesta a la aplicación de  $P_2O_5$  y no se tuvo interacción de ambos elementos ( 5 ).

Mathers et al. evaluaron el efecto de la fertilización mineral y orgánica para producción de sorgo en un suelo calcareo franco arenoso en Texas. En los tres años de la evaluación se obtuvieron resultados similares. La producción de forraje seco, con la variedad Dekalb-E-59, al aplicar la fórmula 168-56-0 y añadiendo al suelo 22 kg de  $FeSO_4$ /ha, se obtu



vieron 4 ton/ha de forraje seco, siendo ésta la máxima producción. Este rendimiento de forraje fue estadísticamente igual cuando se fertilizó con estiércol en cantidades de 11 a 33 -- ton/ha; el tratamiento testigo fue muy inferior en rendimientos. El estiércol parece ser un buen fertilizante en suelos calcareos, dado sus bajos niveles de Zn y Fe disponibles para los cultivos, microelementos que alcanzan altos niveles de -- concentración en los estiércoles; lo anterior es con niveles de humedad del suelo adecuados ( 10 ).

Nagre y Bathkal, evaluaron el efecto de la humedad aprovechable del suelo y la fertilización en la producción de sorgo híbrido CSH-1, teniendo los mejores resultados al mantener en un 50-75% de humedad aprovechable residual y aplicando la fórmula 120-60-0 que rindió 4.94 ton/ha de grano y 7.45 -- ton/ha de forraje seco ( 15 ).

Hussein et al evaluaron la producción de sorgo forrajero con diferentes dosis de nitrógeno y fósforo bajo condiciones de temporal; los mejores rendimientos se tuvieron con 107 kg de nitrógeno y 54 de fósforo por hectárea en la variedad Giza-1 de sorgo forrajero, no habiendo respuesta a las dosis bajas de ambos elementos ( 8 ).

Aguirre indica que para el cultivo de sorgo forrajero, es necesario aplicar la fórmula 120-40-0 debiendo aplicar la mitad del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra, y la otra mitad de nitrógeno en la segunda escarda. Si se le da más de un corte, se sugiere aplicar 100 kg de N/ha -- por cada corte que se haga ( 1 ).



Rodríguez y Laird compararon cuatro modelos matemáticos de predicción y un método gráfico en la estimación de niveles óptimos económicos de fertilización en el cultivo de sorgo de temporal en el Bajío; determinaron que cuando se compararon varios modelos con el propósito de seleccionar estadísticamente el que mejor se ajusta a los datos, aun cuando el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) y la suma de cuadrados de la desviación de regresión (SCDR) son expresiones que están relacionadas con las diferencias para tomar decisiones, se aprecian mejor con los valores de la SCDR. En la estimación de niveles de fertilización óptimos económicos no es conveniente " confiar totalmente a los modelos matemáticos de predicción ". Los niveles estimados con el modelo cuadrático presentan una mejor concordancia con los " verdaderos " en el 50% del total de comparaciones, aún cuando en ningún experimento se seleccionó este modelo ( 19 ).

Bebawi, en Sudán, evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada en la producción de paja de sorgo y su influencia en la infección de (Striga hermonthica Benth ), en diferentes variedades; concluyó que hay diferencias altamente significativas entre tratamientos de fertilización y hubo una fuerte interacción entre genotipos. El rendimiento de paja se incrementó en un 398% con respecto al testigo, al aplicar 215 kg de N/ha.- En general, estas dosis de nitrógeno redujeron el daño causado por S. hermonthica ( 3 ).

Christianah evaluó el efecto de la fertilización nitrogenada al suelo y la actividad de la enzima nitrato reducta



sa, de importancia en la síntesis proteica, y que su reacción parte del sustrato de  $\text{NO}_3$  disponible en el cultivo que a su vez se asocia con los niveles de este elemento en la matriz e dáfica, por lo que la aplicación de nitrógeno al suelo, generalmente incrementa el contenido de proteínas de los cereales. Las concentraciones más altas de la enzima nitrato reductasa se tuvieron con la dosis de 70 a 140 kg de N/ha aplicado al suelo ( 4 ).

Peralta y Mena recomendaron aplicar los fertilizantes en dos partes: en la primera 40 kg de Nitrógeno y 60 kg de Fósforo por hectárea; la segunda aplicación deberá hacerse al realizar la primera escarda. Dicha aplicación debe realizarse a chorrillo a un lado del surco e incorporarlo con una labor de cultivo ( 16 ).

CIAN indica que a nivel experimental los mejores ren dimientos que se han obtenido en sorgo forrajero para heno y ensilaje es con la fórmula 90-100-0 por hectárea, aplicada al momento de la siembra, y 75 kg de N/ha, después de cada corte ( 12 ).

Serrano sugiere que los sorgos forrajeros bajo condiciones de temporal permiten aprovechar las escasas lluvias y obtener una buena cantidad de forraje que puede ser almacenado como heno o ensilaje y utilizarse en la temporada en que el pasto es escaso; recomienda dar uno o dos cultivos para el control de malezas y fertilizar con 50 kg de N/ha ( 21 ).

Tabares y Beltrán evaluaron dosis de fertilización,-



obteniendo rendimientos de 39.78 ton/ha de forraje verde con la fórmula 75-00-00 para Rosario Tesopaco y para Alamos, Sonora, obtuvieron 24.89 ton/ha de forraje verde con 150 kg de Nitrógeno y 40 kg de Fósforo por hectárea, teniendo precipitaciones de 417 y 745 mm, respectivamente ( 22 ).

Foster y Moline mencionan que la fertilización puede influir sobre la calidad; el cambio más importante que produjeron los agregados de nitrógeno, consistió en un mayor contenido protéico.

Los altos niveles de nitrógeno, sumados a bajos niveles de fósforo, aumentan el contenido de HCN ( Acido cianídrico ), mientras que en bajo nivel de nitrógeno y uno mayor de fósforo, producen un efecto contrario. Generalmente los altos niveles de nitratos y de HCN en el forraje, provienen de períodos de sobresfuerzo para las plantas. Si se relacionan las prácticas de fertilización nitrogenada con las condiciones de humedad del suelo, se reducen al mínimo los riesgos potenciales de nitratos y HCN ( 25 ).

Turrent et al describen el procedimiento para la interpretación gráfica en experimentos con fertilizantes. Esta interpretación descrita es adaptada para aquellos experimentos de alta precisión, pero no señala el procedimiento para interpretar experimentos de menor precisión, los cuales ocurren con frecuencia en la experimentación agrícola a pesar del cuidado del experimentador, es por esto que Turrent ha modificado el procedimiento de interpretación económica gráfica. Esta modificación involucra esclarecer si hay respuesta en cada uno de --



los factores estudiados bajo una matriz experimental, los cuales, mediante la descomposición de los efectos factoriales, - se decide si las medias que van en el análisis gráfico pueden mejorarse en cuanto a precisión ( 23 ).



## MATERIALES Y METODOS

La presente evaluación se desarrolló en el municipio de Rosario Tesopaco, Sonora, en el Ciclo Verano 1985. La zona mencionada se localiza en el sureste del Estado de Sonora, límitando, al norte, con los municipios de Yécora y Onavas; al sur, con el municipio de El Quiriego; al este, con el Estado de Chihuahua y el municipio de Alamos, Sonora, y al oeste, -- con el municipio de Cajeme, Sonora.

Geográficamente, se encuentra entre los paralelos --  $27^{\circ}38'17''$  y  $28^{\circ}13'36''$  latitud norte y entre los meridianos --  $108^{\circ}58'49''$  y  $109^{\circ}39'20''$  de longitud oeste del meridiano de -- Greenwich; está a una altura de 450 m s n m.

En el municipio se explotan 258,837 hectáreas, de las cuales el 90% es de agostadero, 7% forestal y el resto, agrícola de temporal.

El clima predominante en la región es semiárido, cálido en las partes bajas y semicálido en las altas. La precipitación media anual es de 622 mm y se presenta, por lo general, en los meses de julio y agosto; la temperatura máxima al canza los  $44^{\circ}\text{C}$  y la mínima es de  $-4^{\circ}\text{C}$ , con una media anual de  $21.7^{\circ}\text{C}$ ; presentando una evaporación de 1,792 mm al año; se -- presentan heladas desde el mes de diciembre al mes de marzo.

La actividad principal es la ganadería, contando con 12,098 cabezas de ganado, predominando las razas Criollo, Cebú y Charolais ( S.A.R.H., 1984 ), seguida por la agricultura. De la superficie agrícola de temporal, el 60% se encuentra o-



cupado por sorgo, sea para grano o para forraje, comercializándose el primero y aprovechando los esquilmos para el ganado; - el ensilaje es la práctica más común para sorgo forrajero, utilizándose para el ganado en la época de escasez. Los rendimientos promedios son de 2 ton/ha de grano y 15 ton/ha de forraje-verde. Además se cultiva, en menor escala, maíz ( Zea mays L. ), ajonjolí ( Sesamum indicum L. ) y frijol común ( Phaseolus vulgaris L. ).

El estudio geneológico indica que el suelo pertenece principalmente al grupo zonal de los Vermosoles, de color negro y varía a grisáceo oscuro; predominan los suelos superficiales arenosos, existen también arcillosos; el tipo de vegetación pertenece a la selva baja caducifolia, como predominante.

El tipo de vegetación varía según el tipo zonal de suelo, así tenemos que en los valles, el tipo de suelo es somero, pedregoso y de textura franco arenosa, donde la vegetación predominante son las gramíneas: grama velluda ( Bouteloua hirsuta Lag. ), zacate cola de zorra ( Setoria macrostachya H. B. K. ) y zacate bermuda ( Cynodon dactylon L. ).

En las laderas donde la topografía es de lomeríos altos y quebrados con pendientes de 30 a 70%, la vegetación predominante es: torote ( Bursera microphylla Gray ), choya ( Opuntia tunicata ( Lehm ) Link. et Otto ), zacate banderita - - ( Bouteloua curtipendula Mich. Torr. ) y zacate cola de zorra.

En la región montañosa cerril, donde la pendiente varía de 40 a mayor de 70%, el suelo es más profundo; se encuen-



tran especies vegetales como: brasil ( Haematoxylon brasiletto Karst. ) torote y zacate cola de zorra.

Se considera prácticamente región ganadera, de acuerdo a la superficie y al número poblacional que practica esta actividad.

COTECOCA ( Comisión Técnica Consultiva para la Determinación Regional de los Coeficientes de Agostadero ), recomienda 25.2 hectáreas por unidad animal; comparado con el regional, que es de 8.25 hectáreas, se observa claramente un marcado sobrepastoreo en los pastizales naturales que cada día se va acrecentando dicha anomalía, pudiendo ser irreversible.

En el presente trabajo se evaluaron 13 tratamientos de fertilización nitrofosfórica que resultaron de la combinación de cinco niveles de nitrógeno y cinco de fósforo, arreglados de acuerdo a una matriz cuadrado doble ortogonal, quedando los siguientes tratamientos:

No.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	No.	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1	0	0	8	150	60
2	0	80	9	100	40
3	200	0	10	0	40
4	200	80	11	200	40
5	50	20	12	100	0
6	50	60	13	100	80
7	150	20			



Se usó un diseño experimental de bloques al azar con cuatro repeticiones; la parcela experimental constó de cinco surcos separados a 0.92 m por 5 m de longitud (  $23 \text{ m}^2$  ); como parcela útil se cosecharon los tres surcos centrales de 4 m de longitud, es decir, un área de  $11.04 \text{ m}^2$ .

La preparación del terreno se realizó antes del establecimiento del temporal, mediante barbecho y rastreo cruzado; se sembró la variedad Beef builder en surcos separados a 0.92 m y 5 cm entre plantas. Al cultivo se le dió el manejo agronómico más conveniente en sus diversas prácticas, excepto en la fertilización, que se realizó al momento de la siembra, de acuerdo a cada tratamiento. Como fuentes de nitrógeno se utilizó urea al 46% N, y de fósforo, superfosfato triple de calcio, 46%  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

Antes del establecimiento del cultivo se realizó un muestreo de suelo del sitio experimental en el horizonte de 0 - 30 cm de profundidad y se determinaron sus características físico-químicas.

Durante el desarrollo del experimento se acumuló información de algunos fitoparámetros y variables climáticas, como altura de planta, número de hojas por planta, producción de forraje verde y seco y precipitación pluvial. Se analizaron estadísticamente los fitoparámetros mediante la obtención del análisis de varianza y algunos modelos de respuesta de regresión múltiple y correlación, así mismo, se hizo un análisis económico de los tratamientos evaluados.



La cosecha se llevó a cabo en forma manual, cuando el grano se encontraba en estado lechoso masoso.



## RESULTADOS

La información obtenida se analizó estadística y económicamente, dividida en los siguientes procesos: análisis de varianza, análisis de correlación y regresión, determinación de la dosis óptima económica mediante el método gráfico, y la relación beneficio - costo de los tratamientos evaluados.

Los resultados se concentran en los cuadros del 1 al 14. En la comparación de medias de los tratamientos, se utilizó la prueba de Tukey al 5%.

De acuerdo al análisis físico-químico del suelo en la parcela experimental, no se tiene ningún inconveniente en el establecimiento de este cultivo, ya que los parámetros medidos se encuentran dentro del rango normal. La fertilidad es de regular a baja en N y P asimilables por el cultivo. Los resultados muestran una respuesta lineal al fósforo y un efecto cuadrático para nitrógeno ( Gráficas 1 y 2 ).

En el cuadro 1 se muestran los resultados del análisis de varianza para el rendimiento de forraje verde, concluyendo en rechazar la hipótesis nula con un nivel del 1% de probabilidad de cometer el error tipo I; la prueba de F indica alta significancia entre tratamientos de fertilización.

En el cuadro 2 se muestra la comparación de medias de rendimiento, notándose claramente el efecto de las diferencias por aplicaciones de nitrógeno. El testigo produjo 34.99 ton/ha de forraje verde, contrastando con el máximo rendimiento de 53.18 ton/ha de forraje verde con la dosis de 150-20.



CUADRO 1.- ANALISIS DE VARIANZA DE RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE DE SORGO FORRAJERO DE TEMPORAL, EN EL MUNICIPIO DE ROSA RIO TESOPACO, SONORA, CICLO VERANO 1985.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F TABLAS		
					0.05	0.01	
Tratamientos	12	2,582.50	215.51	5.12	2.033	2.723	**
Bloques	3	336.79	112.26	2.66	2.866	4.377	N.S.
Error	36	1,516.68	42.13				
T o t a l	51	4,435.97					

\*\* *Alta significancia*

N.S. *No significativo*



CUADRO 2.- COMPARACION DE 13 MEDIAS DE RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE DE SORGO FORRAJERO EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SONORA, CICLO VERANO 1985.

T R A T A M I E N T O S			RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE TON/HA	
N		P		
150	-	20	53.18	a
200	-	80	52.57	
100	-	40	50.73	b
200	-	0	49.44	
150	-	60	48.62	
50	-	60	47.78	
100	-	80	46.99	
200	-	40	46.65	
100	-	0	44.08	
50	-	20	41.54	a
0	-	0	34.99	b
0	-	40	32.20	
0	-	80	32.12	c

$\bar{X}$  GENERAL = 44.68

C.V. = 14.53 %

D. DE TUKEY 0.05 = 16.29



Los tratamientos que mantuvieron diferencias en los niveles de fósforo fueron estadísticamente iguales.

Debido a la alta significancia entre tratamientos, se procedió a descomponer la suma de cuadrados de los tratamientos en sus efectos factoriales e interacción mediante el análisis de varianza de un factorial completo  $3^2$ , a partir del cuadrado doble original. En el cuadro 3 se resumen los resultados del análisis, determinándose alta significancia para N, mas no para P y su interacción; la comparación de medias se hizo utilizando la prueba de Tukey al 5%, cuyos resultados se concentran en el cuadro 4, viéndose claramente el efecto positivo de N. Los tratamientos con dosis bajas de N fueron los de menores rendimientos de forraje verde.

De acuerdo al modelo de matriz cuadrada doble ortogonal, se procedió a aplicar el modelo de respuesta más adecuado para los tratamientos de fertilización, siendo éste el modelo cuadrático de la forma:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1N + b_2P + b_{11}N^2 + b_{22}P^2 + b_{12}NP$$

En el cuadro 5 se muestra el análisis de varianza para este modelo de regresión múltiple, el cual indica un claro efecto cuadrático para N y lineal para P; no se tuvo interacción del efecto de ambos. La falta de ajuste de este modelo, a los datos de rendimiento de forraje verde de sorgo, es significativa de acuerdo a la prueba de F, considerando que no existe multicolinealidad ni puntos de influencia, y no se puede usar, o no es adecuado para determinar la DOE y la DOF de fertilizantes.



CUADRO 3.- ANALISIS DE VARIANZA DE LOS EFECTOS DE LOS TRATAMIENTOS EN EL RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE DE SORGO FORRAJERO EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SON. CICLO VERANO 1985

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F TABLAS	
					0.05	0.01
BLOQUES	3	319.69	106.56	2.44		
NITROGENO	2	1,905.61	952.81	21.81	3.403	5.614 **
FOSFORO	2	6.93	3.47	0.08	3.403	5.614 N.S.
( N x P )	4	173.31	43.33	0.99	2.776	4.218 N.S.
ERROR	24	1,048.22	43.68			
T O T A L	35	3,453.76				

\*\* Alta significancia

N.S. No significativo

CUADRO 4.- COMPARACION DE NUEVE MEDIAS DE RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE DE SORGO FORRAJERO EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SONORA, CICLO VERANO 1985.

T R A T A M I E N T O S			RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE	
N	P		TON/HA	
200	-	80	52.57	a
100	-	40	50.73	
200	-	0	49.44	b
100	-	80	46.99	
200	-	40	46.65	
100	-	0	44.08	a
0	-	0	34.99	b
0	-	40	32.20	
0	-	80	32.12	c

$\bar{X}$  GENERAL = 43.31  
 C.V. = 15.26 %  
 D, DE TUKEY 0.05 = 15.43



CUADRO 5.- ANALISIS DE VARIANZA DE UN CUADRADO MEDIO ORTOGONAL DEL MODELO CUADRATICO EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SONORA. CICLO VERANO 1985.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F TABLAS		
					0.05	0.01	
BLOQUES	3	336.79	112.26	2.66			
N LINEAL	1	76.22	76.22	1.81	4.113	7.396	N.S.
P LINEAL	1	873.68	873.68	20.74	4.113	7.396	**
N CUADRATICO	1	369.85	369.85	8.78	4.113	7.396	**
P CUADRATICO	1	56.05	56.05	1.33	4.113	7.396	N.S.
( N x P )	1	7.39	7.39	0.18	4.113	7.396	N.S.
F. A.	7	1,199.31	171.33	4.07	2.277	3.183	**
TRATAMIENTO	12	2,582.50	215.51	5.12	2.033	2.723	**
ERROR	36	1,516.68	42.13				
T O T A L	51	4,435.97					

N.S. = No significativo

\*\* = Altamente significativo

MODELO OBTENIDO:  $\hat{y} = 44.68 + 0.74N + 2.51P - 1.74N^2 - 0.66P^2 - 0.14NP$



Con el objeto de visualizar la influencia de ambos nutrientes en la producción de forraje verde, se determinó un modelo de regresión múltiple tipo  $\hat{Y} = b_0 + b_1N + b_2P$  que resultó de la forma  $\hat{Y} = 36.28 + 0.08N + 0.01P$  con un coeficiente de determinación ( $R^2$ ) múltiple alto. En el cuadro 6 se muestran los rendimientos de forraje verde obtenidos y estimados mediante el modelo anterior. El coeficiente de determinación ( $R^2$ ) de rendimiento y nitrógeno fue de 82%, esto indica que el 82 % de las variaciones en rendimiento son explicadas por el nitrógeno, sin embargo, el fósforo no explica la variación de rendimiento, dado su efecto aditivo principal como se comprobó en el análisis factorial.

En la gráfica 1 se muestra la respuesta a la fertilización nitrogenada al suelo y se determinó su efecto a partir de los datos de campo, mediante una ecuación cuadrática. Con ello se graficó esta función de producción y se aplicó el método gráfico modificado con las  $\bar{X}$  de rendimiento para los niveles de nitrógeno a diferentes niveles de fósforo, la dosis óptima económica fue de 145 kg de N/ha al momento de la siembra, los cambios en rendimiento de forraje verde arriba de esta dosis no representa un incremento significativo del ingreso neto. Con la interacción de los diferentes niveles de fósforo para 100 kg de N/ha se encontró una función del tipo cuadrática que se muestra en la gráfica 2; al aplicar el método gráfico sin modificar, se determinó la dosis óptima económica y fue de 40 kg de P/ha, al fertilizar arriba de esta dosis no se esperan buenos dividendos. A fin de determinar las relaciones beneficio-costos se realizó un análisis económico de acuerdo al mé-



CUADRO 6.- RENDIMIENTO DE FORRAJE VERDE DE SORGO FORRAJERO-  
( TON/HA ) OBTENIDO Y ESTIMADO A PARTIR DEL MODELO DE REGRESION  
MULTIPLE EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SONORA, CICLO VE-  
RANO 1985.

T R A T A M I E N T O			REND. OBTENIDO (Y)	REND. ESTIMADO ( $\hat{Y}$ )
N	-	P	TON/HA	TON/HA
0	-	0	34.99	36.28
0	-	80	32.12	37.08
200	-	0	49.44	52.28
200	-	80	52.57	53.08
50	-	20	41.54	40.48
50	-	60	47.78	40.88
150	-	20	53.18	48.48
150	-	60	48.62	48.88
100	-	40	50.73	44.68
0	-	40	32.20	36.68
200	-	40	46.65	52.68
100	-	0	44.08	44.28
100	-	80	46.99	45.08

$$\hat{Y} = 36.28 + 0.08N + 0.01P$$

$$r_{YX1} = 0.82$$

$$r_{YX2} = 0.06$$

$$r_{X1X2} = 0.00$$

$$R^2_{YX1X2} = 0.68$$



todo propuesto por Perrin et al ( 1976 ); en el cuadro 7 se muestran los resultados del presupuesto parcial de los tratamientos; al graficar los costos variables contra beneficios netos, se seleccionaron seis tratamientos que son los más re-dituables ( gráfica 3 ), a éstos se les determinó su tasa de retorno marginal como se muestra en el cuadro 8. El tratamiento 100 - 40 mostró buenas posibilidades de obtener lo invertido y que es recomendable económicamente, lo mismo con el tratamiento 50 - 60 que tiene mayor tasa de retorno al capital - con 1,019%, lo que es una buena opción.

Otras de las variables evaluadas como complemento de este trabajo son: rendimiento de forraje seco, número de hojas por tallo, altura de la planta y días a floración; los análisis de varianza se muestran en los cuadros 9-12, en donde la prueba de F presenta alta significancia para forraje seco y días a floración, no ocurriendo lo mismo con número de hojas por planta y altura de la misma, ya que la prueba resultó ser no significativa.

La separación de promedios de días a floración y forraje seco, se encuentra en los cuadros 13 y 14, respectivamente. En la gráfica 4 se muestra la precipitación captada, - así como su distribución en los meses de julio - octubre, durante el ciclo agrícola 1985.



CUADRO 7.- PRESUPUESTO PARCIAL PARA LOS TRATAMIENTOS DE -  
FERTILIZACION EN SORGO FORRAJERO EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO -  
TESOPACO, SONORA, CICLO VERANO 1985.

TRATAMIENTO		REND. F. VERDE	B. BRUTO	C. VARIABLE	B. NETOS
N	P	TON/HA *	\$/HA	\$/HA	\$/HA
0	0	31.49	125,960	0	125,960
0	80	28.91	115,640	7,368	108,272
200	0	44.49	177,960	13,763	164,197
200	80	47.31	189,240	19,331	169,909
50	20	37.39	149,560	6,238	143,322
50	60	43.00	172,000	8,958	163,042
150	20	47.86	191,440	12,205	179,235
150	60	43.76	175,040	14,925	160,115
100	40	45.66	182,640	10,552	172,088
0	40	28.98	115,920	4,586	111,334
200	40	41.99	167,960	16,547	151,413
100	0	39.67	158,680	7,768	150,912
100	80	42.29	169,160	13,336	155,824

\* Rendimiento ajustado ( 10% menos del rendimiento experimental ).



CUADRO 8.- ANALISIS MARGINAL DE LOS TRATAMIENTOS SELECCIONADOS DE FERTILIZACION Y TASAS DE RETORNO AL CAPITAL EN SORGO FORRAJERO EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SONORA. CICLO VERANO 1985.

T R A T A M I E N T O	P	AUMENTO		AUMENTO		TASA DE RETORNO MARGINAL (%)	
		BENEFICIO NETO (\$/HA)	BENEFICIO NETO (\$/HA)	MARGINAL	COSTO VARIABLE (\$/HA)		
150	-	20	179,235	7,147	12,205	1,653	432
100	-	40	172,088	9,046	10,552	1,594	568
50	-	60	163,042	12,130	8,958	1,190	1,019
100	-	0	150,912	7,590	7,768	1,530	496
50	-	20	143,322	17,362	6,238	6,238	278
0	-	0	125,960		00		



CUADRO 9.- ANALISIS DE VARIANZA DE FORRAJE SECO DE SORGO FORRAJERO EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SONORA. CICLO VERANO 1985

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F TABLAS		
					0.05	0.01	
Tratamientos	12	379.09	31.59	2.94	2.033	2.723	**
Bloques	3	45.61	15.20	1.42	2.866	4.377	N.S.
Error	36	386.36	10.73				
T o t a l	51	811.06					

CUADRO 10.- ANALISIS DE VARIANZA DEL NUMERO DE HOJAS POR PLANTA DE SORGO FORRAJERO EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SONORA. CICLO VERANO 1985.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F TABLAS		
					0.05	0.01	
Tratamientos	12	9.45	0.79	1.16	2.033	2.723	N.S.
Bloques	3	9.41	3.14	4.61	2.866	4.377	**
Error	36	24.35	0.68				
T o t a l	51	43.21					

\*\* Altamente significativo

N.S. No significativo



CUADRO 11.- ANALISIS DE VARIANZA DE DIAS A FLORACION DE SORGO FORRAJERO EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SONORA. CICLO VERANO 1985.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F TABLAS		
					0.05	0.01	
Tratamientos	12	100.00	8.33	4.63	2.033	2.723	**
Bloques	3	10.23	3.41	1.89	2.866	4.377	N.S.
Error	36	64.77	1.80				
T o t a l	51	175.00					

CUADRO 12.- ANALISIS DE VARIANZA DE ALTURA DE PLANTA DE SORGO FORRAJERO EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SONORA, CICLO VERANO 1985.

FUENTE DE VARIACION	G.L.	S.C.	C.M.	F.c	F TABLAS		
					0.05	0.01	
Tratamientos	12	3,945.23	328.77	0.75	2.033	2.723	N.S.
Bloques	3	5,186.98	1,728.99	3.95	2.866	4.377	*
Error	36	15,802.77	437.97				
T o t a l	51	24,934.98					

\* Significativo

\*\* Altamente significativo

N.S. No significativo



CUADRO 13.- SIGNIFICACION ESTADISTICA DE DIAS A FLORACION DE SORGO FORRAJERO EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SONORA. CICLO VERANO 1985.

TRATAMIENTO			DIAS A FLORACION	
N	-	P		
0	-	40	74	a
0	-	0	74	
0	-	80	74	
100	-	0	72	
100	-	40	72	
50	-	60	71	
100	-	80	71	
200	-	40	71	
50	-	20	71	
200	-	80	71	
200	-	0	71	
150	-	60	70	
150	-	20	70	

$\bar{X}$ GENERAL	72
C.V.	1.88
D. DE TUKEY 0.05	3.38



CUADRO 14.- SIGNIFICACION ESTADISTICA DE FORRAJE SECO DE-SORGO FORRAJERO EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SONORA.-CICLO VERANO 1985.

T R A T A M I E N T O			TON/HA	a	b
N	-	P			
150	-	20	20.96		
100	-	0	19.07		
100	-	40	18.34		
200	-	80	17.33		
150	-	60	17.26		
200	-	0	16.88		
50	-	60	16.83		
100	-	80	15.52		
200	-	40	15.48		
50	-	20	15.27		
0	-	0	12.96		
0	-	40	11.81		b
0	-	80	11.24		

$\bar{X}$  GENERAL                    16.07  
 C.V.                                20.38  
 D. DE TUKEY 0.05                8.25



## DISCUSION

Una de las principales causas de obtener rendimientos bajos, se debe a la incorrecta o nula aplicación de fertilizantes; esto es con el fin de devolver al suelo lo extraído por la cosecha y así mantener un nivel de fertilidad estable, de lo contrario iremos empobreciendo más los suelos agrícolas, tomando en cuenta que éstos son bajos en condiciones normales, en macroelementos más necesarios, como son el nitrógeno y el fósforo.

En siembras de temporal, la distribución e intensidad de las precipitaciones pluviales están muy relacionadas con el buen funcionamiento de la fertilización, ya que se necesita de humedad para que ésta se descomponga y actúe.

La producción de sorgo forrajero está condicionada por los factores antes mencionados, así como por las condiciones del suelo y de las variedades utilizadas. La textura del suelo juega un papel importante en la retención de agua de lluvia, ya que un suelo arcilloso ( tal es el caso de la presente evaluación ), retiene por más tiempo la humedad al utilizar una variedad de ciclo precoz a intermedia ( Beef builder ), se tiene una mayor eficiencia del agua de lluvia debido a que su ciclo es más corto.

La floración se presentó desuniforme, floreciendo primeramente aquéllas a las que se les aplicó nitrógeno y fósforo suficiente ( 150 - 40 ); los tratamientos como el testigo y a las que se les aplicó sólo fósforo fueron las que flo-



rearon al final, presentándose una diferencia en días de 4 a 6, con lo cual podemos decir que la fertilización nitrofosforica sí tiene influencia en la floración uniforme y puede ser posible que se acorte al inicio de ésta.

Discutiendo los resultados obtenidos en la literatura revisada y comparándolos con los del presente trabajo, tenemos que:

Para el Sur de Sonora se recomienda fertilizar con 90 kg de nitrógeno y 40 de  $P_2O_5$  por hectárea, mientras que para Rosario Tesopaco es de 145 kg de nitrógeno y 40 de fósforo por hectárea. Estos resultados no son afines ya que existen diferentes factores que intervienen en el aprovechamiento del mismo como son: precipitación, textura del suelo, variedades, temperaturas y manejo agronómico del cultivo.

Considerando una zona de buen temporal ( mayor de 700 mm anuales ), se recomienda fertilizar con 140 kg de nitrogeno y 40 kg de fósforo por hectárea; la precipitación obtenida en esta evaluación fue de 648 mm durante el ciclo agrícola y la dosis óptima económica obtenida fue de 145-40-00, de acuerdo con estos resultados que son muy similares, se concluye que la lluvia está íntimamente ligada con la fertilización nitrofosfórica, haciendo la aclaración que se debe aplicar antes o al momento de la siembra e incorporándola ese mismo día.

Hussein et al y Aguirre obtuvieron los mejores rendimientos con las dosis 107-54-00 y 120-40-00, respectivamente, mientras que la del autor es de 150-20-00. Las variaciones se-



deben a los factores descritos, así como al área agroecológica donde se realizó la evaluación ya que no es posible obtener una recomendación general cuando las regiones son diferentes en cuanto a clima y suelo.

De los tratamientos evaluados, tenemos que los más bajos rendimientos se obtuvieron con aquellas dosis que no involucran nitrógeno, sino solamente fósforo, así como el testigo. Esto se debe a un raquítico crecimiento que se observó en algunos de éstos, así como tallos muy delgados que son factores que están íntimamente ligados con la producción de sorgo-forrajero, tanto el grosor del tallo como altura de la planta. El rendimiento del testigo fue de 34.99 ton/ha de forraje verde.

El rendimiento más alto se obtuvo con el tratamiento 150 - 20, y fue de 53.18 ton/ha de forraje verde. Visualizando y haciendo comparaciones de ambos, obtenemos una diferencia de 18.19 ton/ha de forraje verde. El efecto de las diferencias se debe a la aplicación de fertilizantes nitrofosfóricos, con lo cual se comprueba la redituabilidad de aplicar fertilizantes. Con el objeto de minimizar costos, se obtuvo una dosis óptima económica, la cual fue de 145 kg/ha de nitrógeno y 40 kg/ha de fósforo, aplicados al momento de la siembra. Al fertilizar arriba de esta dosis, no se esperan buenos dividendos.

Mediante la realización de un análisis económico se llega a tener un criterio amplio que nos permite visualizar -



mejor los posibles éxitos o fracasos en la explotación de este cultivo, concluyendo que el sorgo forrajero es un cultivo con una redituabilidad grande, considerando las utilidades netas que genera por hectárea, con los manejos adecuados de fertilización. Su utilización puede ser: pastoreado, picado en verde, henificado y ensilado que permite almacenarlo durante largo -- tiempo y dárselo al ganado en épocas críticas, o bien, venderlo a un mejor precio.

Cabe hacer la aclaración que los altos rendimientos de forraje verde que se obtuvieron en este ciclo, se deben a -- que el temporal se considera como bueno ya que se registraron 648 mm durante los meses de julio - octubre, tiempo que permaneció el cultivo de pie.



## RESUMEN Y CONCLUSIONES

El Municipio de Rosario Tesopaco, Sonora, se encuentra en la región sureste del Estado de Sonora; cuenta con una superficie de 258,837 hectáreas, de las cuales un 90% es de agostadero, 7% forestal y el resto, agrícola de temporal.

La actividad principal es la ganadería, seguida de cerca por la agricultura; de la superficie agrícola de temporal, el 50% corresponde a alrededor de 1,000 hectáreas que se encuentran ocupadas por sorgo forrajero, ya que este cultivo puede llegar a constituir una mayor fuente de forraje para en silaje y consumo en fresco que la que se desarrolla actualmente con rendimientos medios de 16 ton/ha de forraje verde. Una de las prácticas que permiten aumentar significativamente los rendimientos unitarios de forraje, es la fertilización nitrofosfórica, y el objetivo pragmático del presente trabajo es determinar la dosis óptima económica que permita lo anterior y disponer de mayores volúmenes de forraje de buena calidad en épocas de escasez.

El experimento se efectuó en el Municipio de Rosario Tesopaco, Sonora, durante el ciclo verano 1985. Se evaluaron 13 tratamientos de fertilización nitrofosfórica con espacios de exploración de 0 - 200 kg/ha de nitrógeno y 0 - 80 - kg/ha de fósforo, que resultaron de combinar cinco niveles de cada factor en una matriz cuadrado doble ortogonal.

Se usó un diseño experimental de bloques al azar -- con cuatro repeticiones; la parcela experimental fue de cinco



surcos a 92 cm de separación por 5 m de longitud y la parcela útil correspondió a tres surcos centrales de 4 m de longitud. Se sembró la variedad Beef builder; al cultivo se le dió el manejo agronómico más adecuado. Como fuente de fertilizante se usaron Urea ( 46% N ) y Superfosfato de calcio triple ( 46% P ).

Se cuantificó el rendimiento de forraje verde y seco, altura de planta, relación tallo-hoja, analizándose estadísticamente y determinándose la relación beneficio-costos de los tratamientos.

Se tuvo una clara respuesta lineal a fósforo y un efecto cuadrático para nitrógeno. Los rendimientos más altos se obtuvieron con las dosis de 150-20-0 y 200-80-0 con 53.18 ton/ha y 52.57 ton/ha, respectivamente, de forraje verde, con precipitación de 648 mm. La optimización analítica mediante el modelo polinomial cuadrático no se ajustó, por lo que se empleó el método gráfico modificado y la dosis óptima económica resultó 145-40-0. Los tratamientos 100-40-0 y 150-20-0 fueron de mayor ingreso neto y las más altas tasas de retorno al capital, de acuerdo al análisis económico efectuado.

De acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo, se concluye lo siguiente:

- 1.- La preparación del terreno a base de barbecho más rastreo se considera determinante para obtener buenos rendimientos para condiciones de temporal.



2.- La textura arcillosa juega un papel muy importante en la producción de sorgo forrajero de temporal, ya que retiene mayor humedad.

3.- La relación tallo-hoja y el grosor del tallo actúan directamente en el rendimiento de sorgo para ensilaje.

4.- El sorgo forrajero responde positivamente a las aplicaciones de nitrógeno y fósforo al suelo, bajo condiciones de temporal.

5.- La cantidad y distribución de la precipitación pluvial tiene influencia muy estrecha con la respuesta de este cultivo a la fertilización nitrofosfórica.

6.- Los rendimientos de forraje verde se incrementan hasta un 87% con respecto al testigo absoluto y a la dosis óptima fisiológica.

7.- Bajo condiciones de temporal bueno ( 648 mm ), - la dosis óptima económica es de 145-40-0.

8.- Los tratamientos en la vecindad de las dosis óptimas económicas son las que dan mayores ingresos netos y las más altas tasas de retorno marginal.



## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Aguirre, R. J. 1974. *Sorgos forrajeros recomendaciones para el Bajío*. Secretaría de Agricultura y Ganadería. - Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Hoja Desplegable CIAB No. 11. 6 p.
- 2.- Angeles, A. H. 1968. *El maíz y el sorgo y sus programas de mejoramiento genético en México*. Memoria del Tercer - Congreso Nacional de Fitogenética. México. p. 32.
- 3.- Bebawi, F. F. 1981. *Response of sorghum cultivars and striga population to nitrogen fertilization*. *Plant and Soil* 59(2):261-267.
- 4.- Christianah, O. A. 1981. *Influence of soil applications of nitrogen on nitrate reductase activity leaf and grain protein content in sorghum*. *Plant and Soil* 60(3):423-434.
- 5.- Dahatonde, B. N. and S. H. Adhoo. 1980. *Effect of nitrogen and phosphate fertilization on yield and yield components of hybrid sorghum*. *Soils and Fertilizers* 43(1):60. Original no consultado.
- 6.- Gavande, A.S. 1976. *Física de suelos; principios y aplicaciones*. Limusa. México. p:268-275.
- 7.- Hughes, H., M. Heath y D. Metcalfe. 1974. *Forrajes*. Editorial Continental, S.A. 4ta. impresión. México. p:383-393, 426.



- 8.- Hussein, M. A. et al. 1980. Growth, forage yield and quality of sudan grass and sorgho as affected by time of planting nitrogen and phosphorus. *Soils and Fertilizers* 43(4):1042. Original no consultado.
- 9.- Livera, M. N. 1975. La temperatura como factor limitante en la adaptación del sorgho para grano ( Sorghum bicolor ( Linn ) Moench ) en los Valles Altos de México. - Resumen IV Congreso. SAG-INIA, CIAMEC. México. 12 p.
- 10.- Mathers, A. C. et al. 1980. Manure and inorganic fertilizer effects on sorghum and sunflower growth on iron-deficient soil. *Agronomy Journal* 72(6):1025-1029.
- 11.- México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas.- 1975. Maíz y sorgho forrajero en la Región de Delicias. SAG. 6 p.
- 12.- \_\_\_\_\_ 1979. Sorgos forrajeros para heno y ensilaje en el Norte de Coahuila. S A R H. Desplegable CIAN No. 61. 6 p.
- 13.- \_\_\_\_\_ 1979. Sorgos híbridos de temporal para el Bajío. - S A R H. Desplegable CIAB No. 122. 6 p.
- 14.- \_\_\_\_\_ 1983. Guía para producir sorgho forrajero en la región temporalera del sur de Sonora. S A R H, CIANO. - Publicación para Productores No. 1. 6 p.
- 15.- Nagre, K. T. and B. G. Batwal. 1980. Studies on effect of irrigation and fertilizers on hybrid sorghum yield. - *Soils and Fertilizers* 43(1):60. Original no Consultado.



- 16.- Peralta, M. A. y J. O. Mena. 1976. Sorgos forrajeros; su cultivo en el estado de Morelos. S A R H, INIA. Circular CIAMEC No. 76. 4 p.
- 17.- Quinby, J. R. and P. T. Marion. 1960. Production and feeding of forage sorghum in Texas. Bull. 965 Texas -- Agric. Exp. 5ta. p. 16.
- 18.- Robles, S.R. 1976. Producción de granos y forrajes. Limusa, México. pp. 141-170, 583.
- 19.- Rodríguez, G. H. y R. Laird. 1977. Comparación de cuatro modelos matemáticos de predicción y de un método gráfico en la estimación de niveles óptimos económicos de fertilización en el cultivo de sorgo de temporal en la Zona Oeste del Bajío. Agrociencia No. 27:155--176. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
- 20.- Semple, A. T. 1974. Avances en pasturas cultivadas y naturales. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. - pp. 377-380.
- 21.- Serrano, S. G. 1977. Cultivos forrajeros para el Norte de Sinaloa. SARH, INIA. Folleto para Productores -- CIAPAN No. 5.
- 22.- Tabares, G. M. y M. Beltrán F. 1984. Evaluación de la respuesta a la fertilización nitrofosfórica en sorgo forrajero de temporal en los municipios de Rosario Tesopaco y Alamos, Sonora. S A R H, INIA. Reporte Técnico. 12 p.



- 23.- Turrent, F. A. y R. J. Laird. 1975. La matriz experimental Plan Puebla para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. Sobretiro de Agrociencia No. 19. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. p. 117-143.
- 24.- Valenzuela, B. J. 1985. Evaluación de doce variedades de sorgo forrajero y cuatro de doble propósito ( grano- y forraje ) bajo condiciones de temporal en los municipios de Rosario Tesopaco y El Quiriago, Sonora. -- S A R H, INIA. Reporte Técnico. 8 p.
- 25.- Wall, S. J. y W. M. Ross. 1975. Producción y usos del -- sorgo. Hemisferio Sur, Buenos Aires, Argentina. p. - 217-219.



A P E N D I C E



CUADRO 15.- COSTOS DE PRODUCCION DEL CULTIVO DE SORGO FORRAJERO PARA ENSILAJE BAJO CONDICIONES DE TEMPORAL EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SONORA. CICLO VERANO 1985.

L A B O R	COSTO/HA (\$)
Barbecho	5,750
Rastreo	4,650
Surcado	1,614
Semilla	2,380
Siembra	1,600
Permiso de siembra	235
Fertilizante ( 150 kg Urea )	2,793
Aplicación de fertilizante	1,614
Escarda	1,614
Deshierbe	700
Insecticidas	1,400
Aplicación de insecticidas	1,500
Corte o siega	5,000
Ensilado	2,000
Fletes	3,000
Seguro agrícola	8,961
Intereses	4,659
T O T A L	<u>49,480</u> =====

FUENTE: Banco de Crédito Rural del Noroeste, Sucursal " A ".

Navojoa, Sonora.



CUADRO 16.- DESARROLLO CRONOLOGICO DEL CULTIVO DE SORGO -  
FORRAJERO DE TEMPORAL EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SO  
NORA. CICLO VERANO 1985.

E V E N T O	F E C H A	D I A S TRANSCURRIDOS
Barbecho	11 de julio	
Rastreo	23 de julio	
Surcado	28 de julio	
Siembra	28 de julio	0
Emergencia	04 de agosto	07
Fertilización	08 de agosto	11
Aclareo	14 de agosto	17
Amacollo	19 de agosto	22
Cultivo	22 de agosto	25
Embuchamiento	26 de septiembre	60
Espigamiento	07 de octubre	71
Grano lechoso-masoso	31 de octubre	95
Cosecha	31 de octubre	95



CUADRO 17.- PLAGAS, DOSIS Y PRODUCTOS COMERCIALES UTILIZADOS PARA SU CONTROL DURANTE EL -  
 CICLO DEL CULTIVO DE SORGO FORRAJERO DE TEMPORAL EN EL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SONORA.  
 CICLO VERANO 1985.

P L A G A	P R O D U C T O	D O S I S
Hormigas ( <u>Atta spp.</u> )	FOLIDOL 2 % P	30-40 gr/hormiguero
Chapulines ( <u>Romalea microptera</u> Poliset de Beauvois)	SALVADRIN 2 %	15-18 kg
Gusano cogollero ( <u>Spodoptera frugiperda</u> J. E. Smith )	SEVIN 80 % PH	1.5 kg
	LORSBAN 480 % E	0.750 lt



CUADRO 18.- CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS DEL SUELO DONDE SE ESTABLECIO EL TRABAJO DE EVALUACION DE SORGO FORRAJERO. MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO, SONORA. CICLO VERANO 1985.

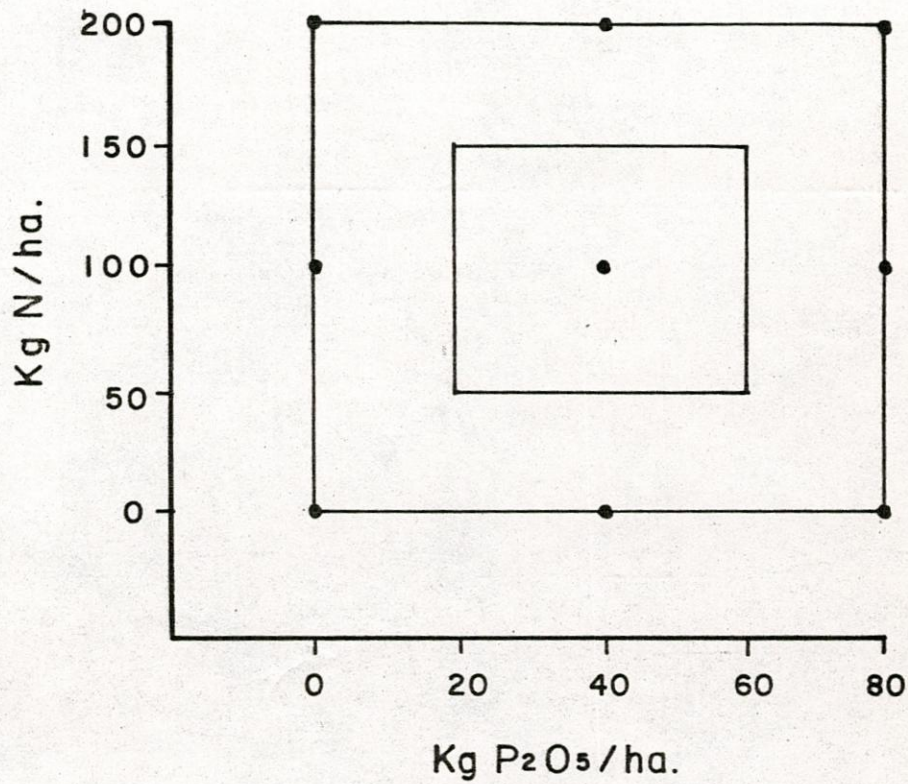
PROFUNDIDAD cm	pH	C.E. mmhos/cm	SATURACION %	MATERIA ORGANICA %	CLASIFICACION
0 - 30	6.60	0.67	40	1.50	Normal

PROFUNDIDAD cm	ARENA %	LIMO %	ARCILLA %	TEXTURA	NITROGENO TOTAL %	FOSFORO ASIMILABLE kg/ha
0 - 30	27	31	42	Arcilloso	0.091	38.9



# Figura 1      MATRIZ CUADRADO DOBLE ORTOGONAL

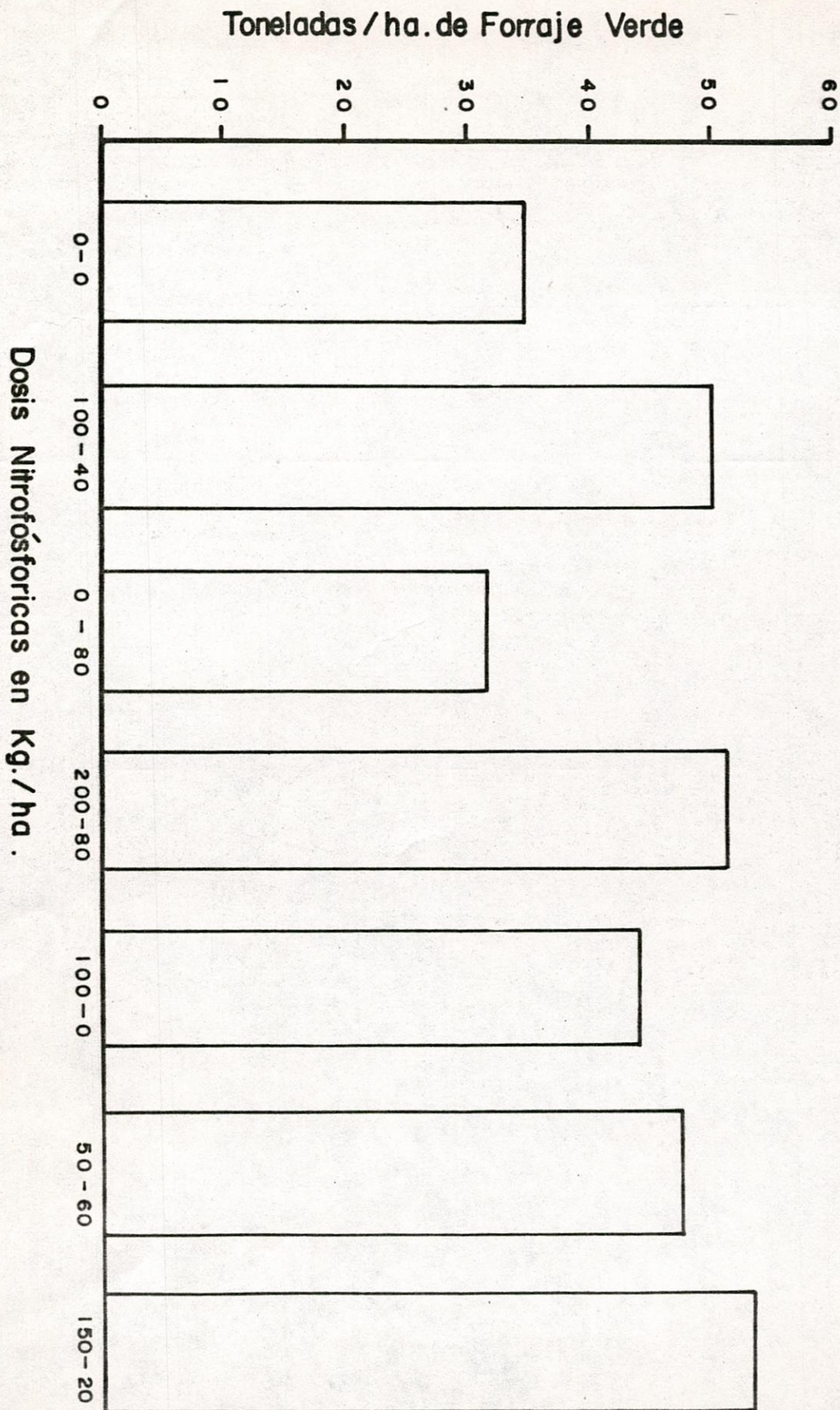


## TRATAMIENTOS

1.-	0 - 0	8.-	150 - 60
2.-	0 - 80	9.-	100 - 40
3.-	200 - 0	10.-	0 - 40
4.-	200 - 80	11.-	200 - 40
5.-	50 - 20	12.-	100 - 0
6.-	50 - 60	13.-	100 - 80
7.-	150 - 20		



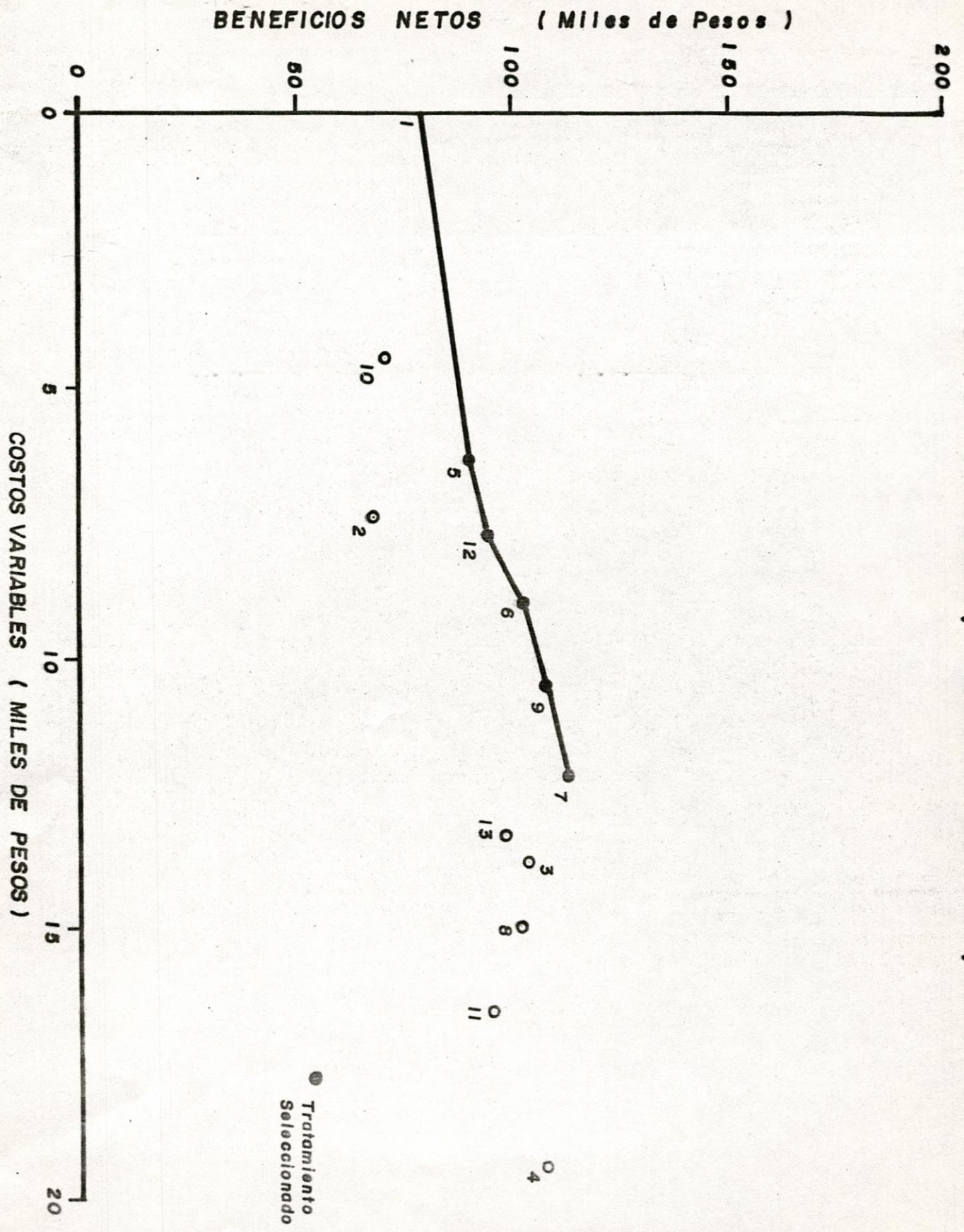
**Figura 2.** -- COMPARACION DE RENDIMIENTOS DE FORRAJE VERDE EN SORGO FORRAJERO CON 7 DOSIS DE FERTILIZACION NITROFOSFORICA.





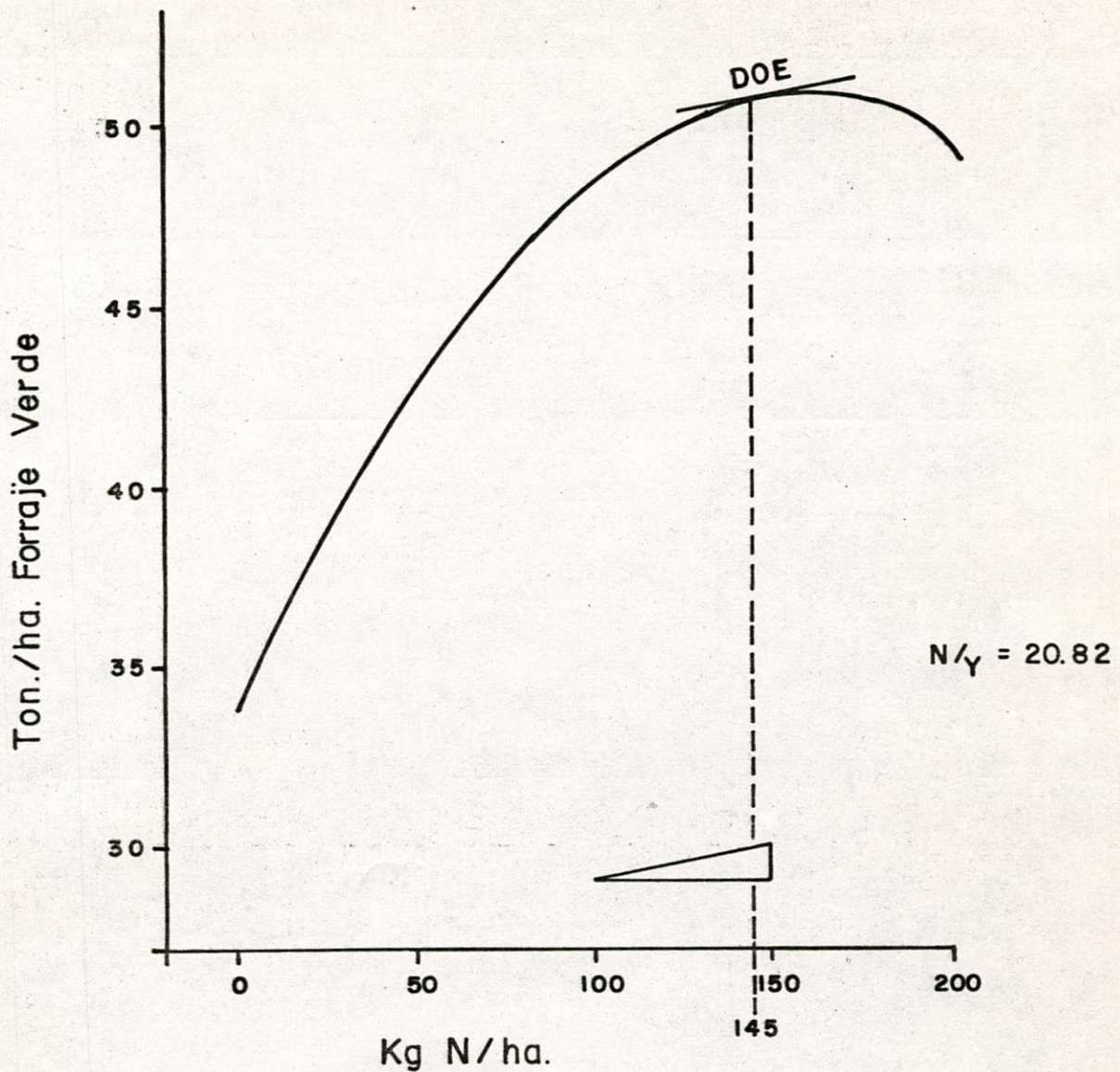
Figura

3.- ANALISIS DE DOMINANCIA DE DATOS DE FERTILIZACION EN SORGO FORRAJERO, ROSARIO TESOPACO, SON. (Ciclo Verano 1985)





**Figura 4.- RESPUESTA DEL SORGO FORRAJERO A LA FERTILIZACION NITROGENADA. ROSARIO TESOPACO, SON. ( Ciclo Verano 1985 )**



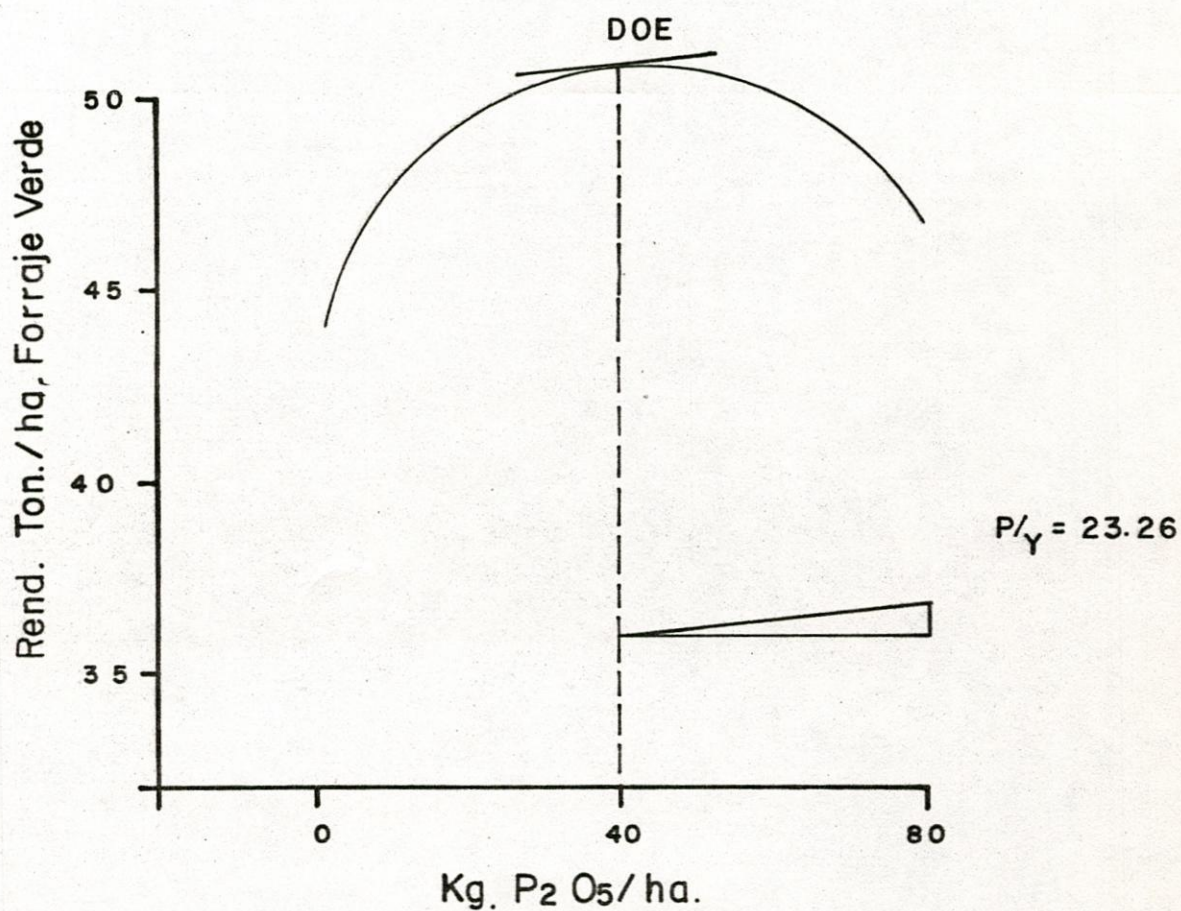
N	Y	$\hat{Y}$
0	33.74	33.10
50	49.38	44.66
100	48.64	47.27
150	50.78	50.90
200	49.38	49.55



Figura

5.- RESPUESTA DEL SORGO FORRAJERO  
A LA FERTILIZACION FOSFORICA,  
ROSARIO TESOPACO, SON.

Ciclo Verano 1985

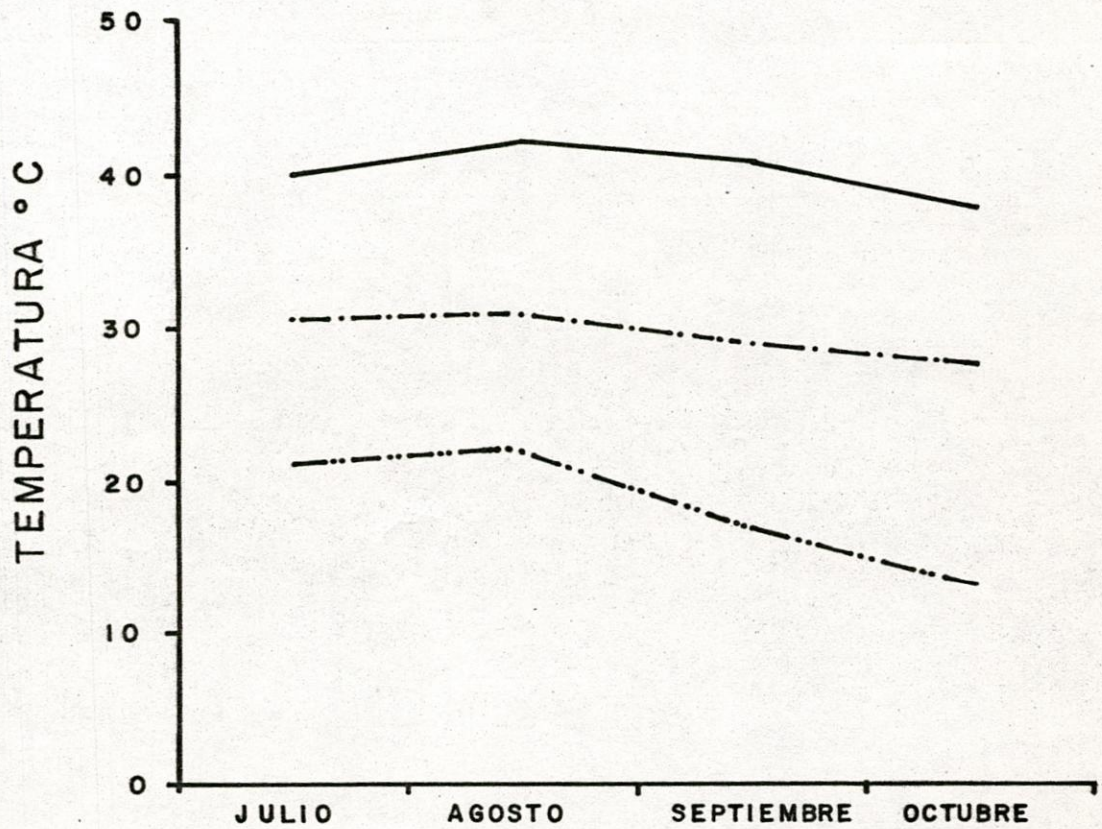


P	Y	$\hat{Y}$
0	44.08	44.07
40	50.73	50.73
80	46.99	46.99



Figura

6.- TEMPERATURAS PRESENTES DURANTE EL DESARROLLO DEL EXPERIMENTO. ROSARIO TESOPACO, SON., CICLO VERANO 1985.

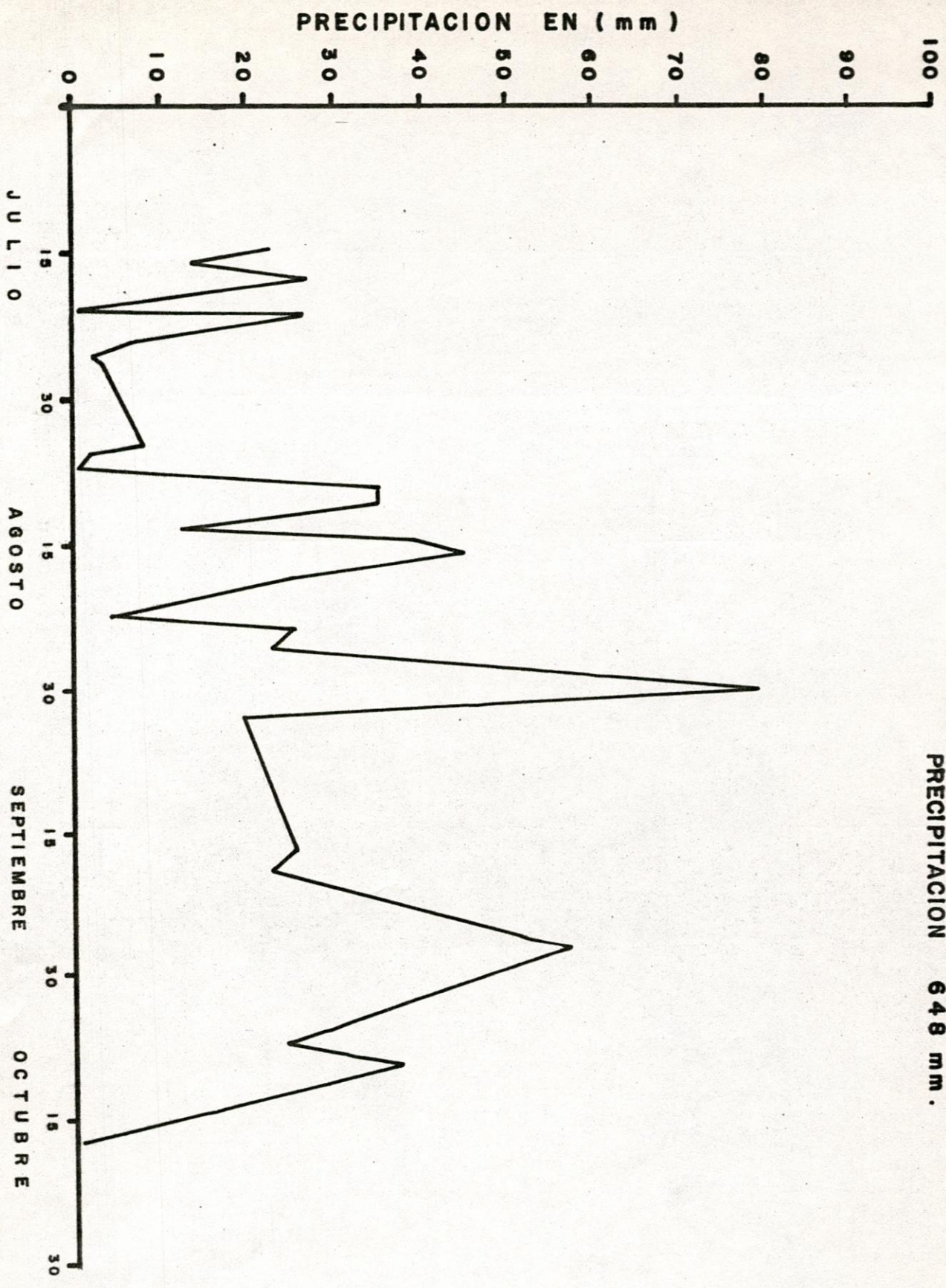


**CLAVE**

- MAXIMA
- · - · - MEDIA
- · · · · MINIMA



**Figura 7** DISTRIBUCION E INTENSIDAD DE PRECIPITACIONES PLUVIALES EN LA LOCALIDAD DE ROSARIO TESOPACO, SON. Verano 1985  
 PRECIPITACION 648 mm.





**Figura 8.- BALANCE HIDRICO ENTRE EL USO CONSUNTIVO DEL SORGO FORRAJERO Y LA LLUVIA MENSUAL, ROSARIO TESOPACO, SON. VERANO 1985.**

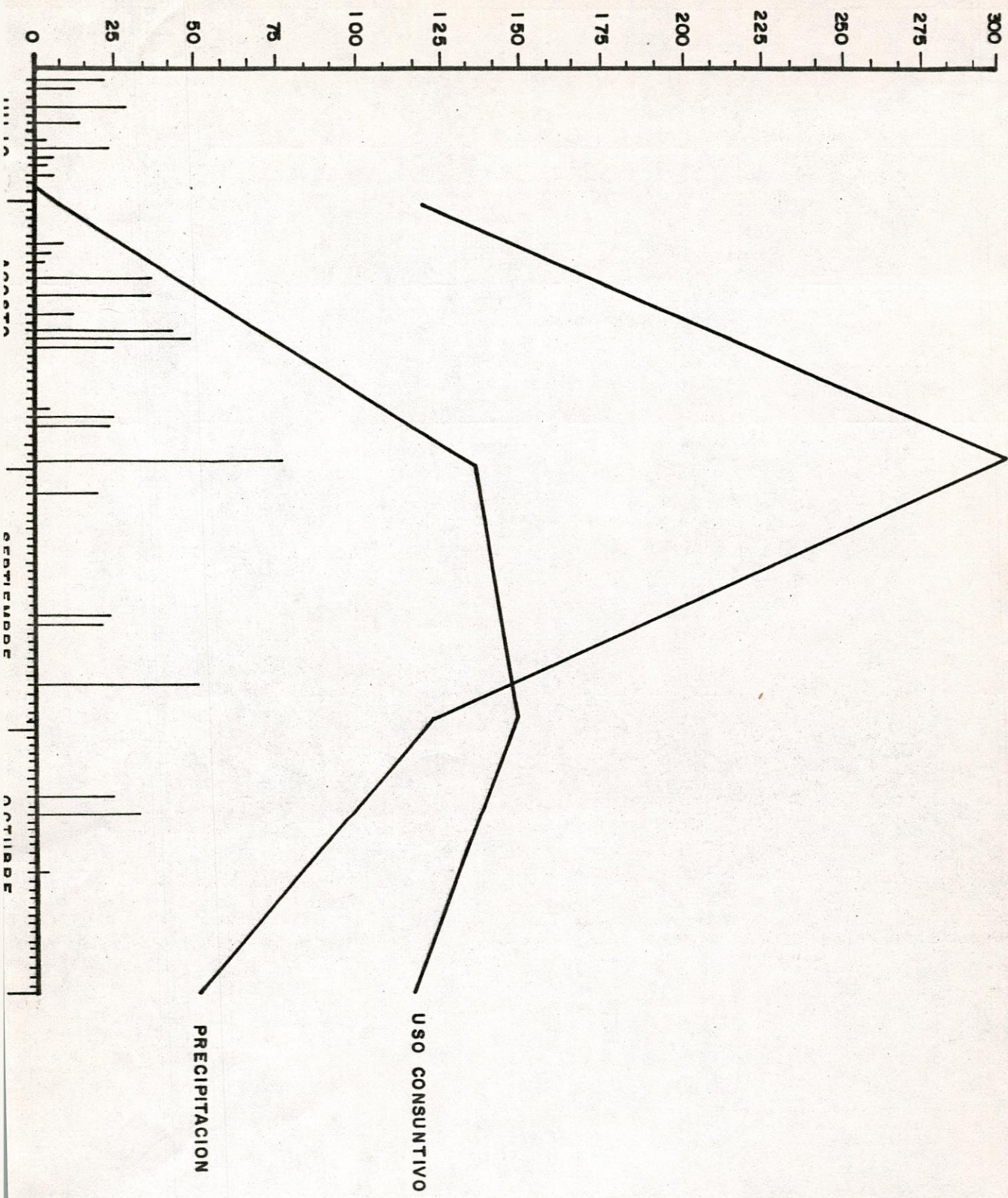
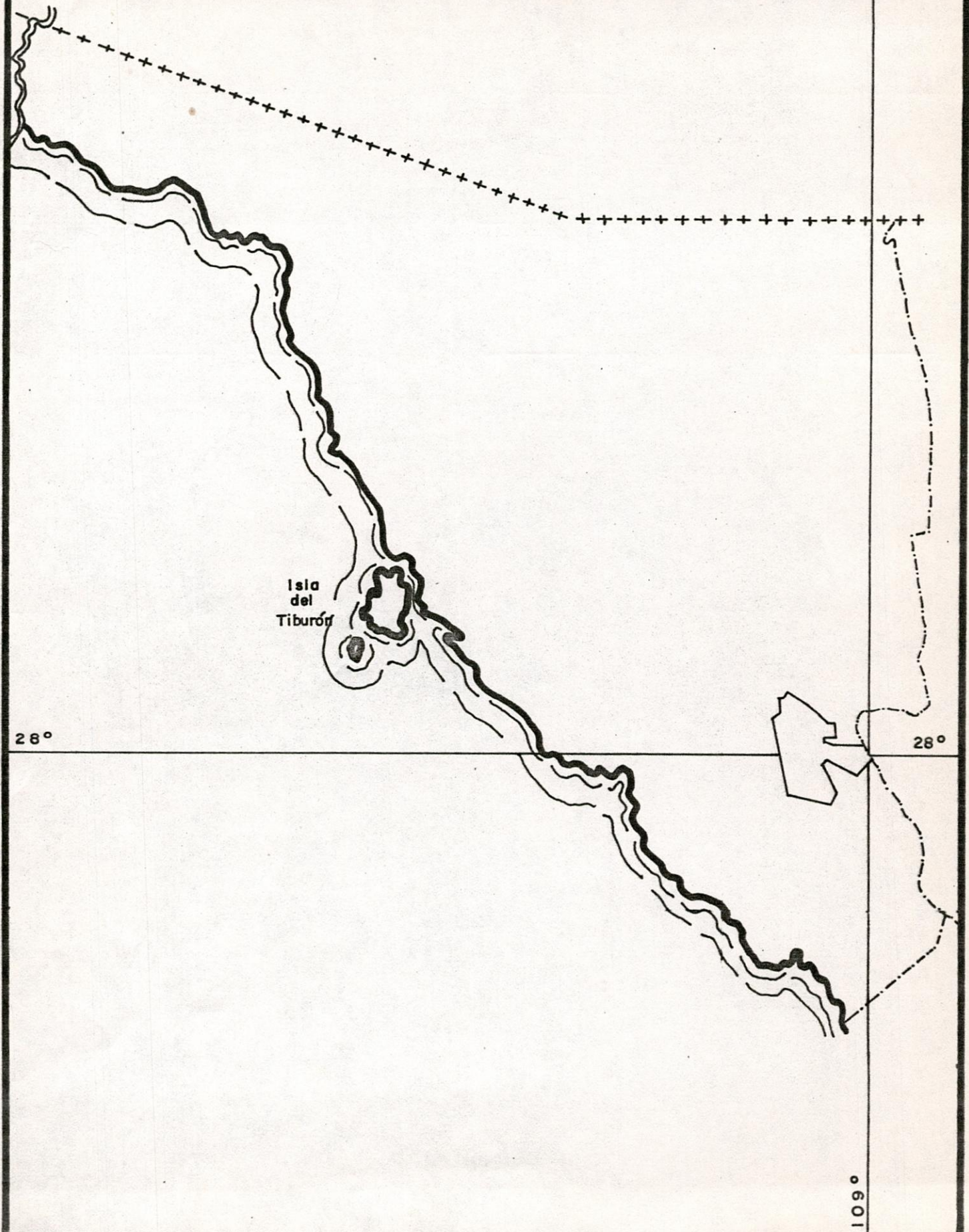










Figura 9.- UBICACION DEL MUNICIPIO DE ROSARIO TESOPACO EN EL ESTADO DE SONORA.





**SIGNOS CONVENCIONALES**

-  Caminos Pavimentados
-  Caminos de Terraceria
-  Caminos Herradura
-  Cabecera Municipal
-  Congregación
-  Rancho - Hacienda

