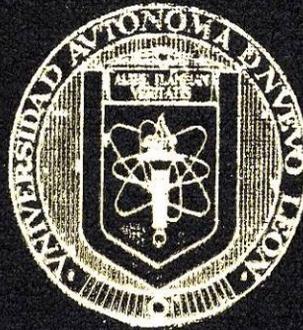


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



NIVELES DE FERTILIZACION NITROGENADA EN EL CULTIVO DE  
SORGO (Sorghum vulgare) PARA GRANO, EN LA REGION DE  
MARIN, N. L. DURANTE LA PRIMAVERA DE 1981

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

MARIO IGNACIO DIAZ GARAY

MARIN, N. L.

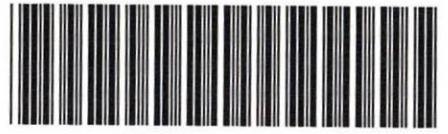
JULIO DE 1988

T

SB235

D52

c.1



1080061796

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN  
FACULTAD DE AGRONOMIA



NIVELES DE FERTILIZACION NITROGENADA EN EL CULTIVO DE  
SORGO (*Sorghum vulgare*) PARA GRANO, EN LA REGION DE  
MARIN, N. L. DURANTE LA PRIMAVERA DE 1981

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

MARIO IGNACIO DIAZ GARAY

MARIN, N. L.

JULIO DE 1988

09457

T  
SB235  
DS2

  
Biblioteca Central  
Maana Solidaridad  
F.Tesis

  
BURGOS Rangel Files  
UANL  
FONDO  
TESIS LICENCIATURA

040.633  
FA 25  
19  
5

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



Niveles de fertilización nitrogenada en el cultivo de sorgo  
(Sorghum vulgare) para grano, en la región de Marín, N. L.  
durante la Primavera de 1981

T E S I S

Que para obtener el título de:  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

MARIO IGNACIO DIAZ GARAY

MARIN, N.L.

JULIO DE 1988.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

Niveles de fertilización nitrogenada en el cultivo de sorgo  
(Sorghum vulgare) para grano en la región de Marín, N. L.  
durante la Primavera de 1981

Tesis que para obtener el título de INGENIERO AGRONOMO FITO  
TECNISTA, presenta MARIO IGNACIO DIAZ GARAY.

CUMISION DE TESIS

Ing. M.Sc. Humberto Rodriguez F.

Ing. M.Sc. José Elias Treviño

Ing. Ronald J. Lecea J.

Marín, N.L.

Julio de 1988.

## DEDICATORIA

### A MIS PADRES:

Sr. Jesús Díaz Martínez

Sra. Olivia Garay de Díaz

Con todo respeto, amor y cariño de un hijo para sus padres, quienes supieron guiarme por el buen camino, gracias a Dios y sus grandes esfuerzos a ellos debo lo que soy por siempre y para siempre.

### A MIS HERMANOS:

Jesús, José Ezequiel, Fidencio, Guadalupe, Rodolfo, Eloy, Víctor, Aurora, Olivia, Alfredo y Oscar.

Con la admiración y el cariño que se merecen.

## DEDICATORIA

### A MIS PADRES:

Sr. Jesús Díaz Martínez

Sra. Olivia Garay de Díaz

Con todo respeto, amor y cariño de un hijo para sus padres, quienes supieron guiarme por el buen camino, gracias a Dios y sus grandes esfuerzos a ellos debo lo que soy por siempre y para siempre.

### A MIS HERMANOS:

Jesús, José Ezequiel, Fidencio, Guadalupe, Rodolfo, Eloy, Víctor, Aurora, Olivia, Alfredo y Oscar.

Con la admiración y el cariño que se merecen.

**A MI ESPOSA E HIJO**

**CON AMOR INFINITO**

**AL ING.M.Sc. HUMBERTO RODRIGUEZ FUENTES.**

Por su sabia dirección y orientación  
en el desarrollo y culminación de es-  
ta investigación.

**A LA Q.F.B. BLANCA HERNANDEZ DE E.**

Por su valiosa ayuda en la re  
alización de los trabajos de  
laboratorio.

# C O N T E N I D O

	Página
SUMMARY. . . . .	xiv
RESUMEN. . . . .	xvi
INTRODUCCION. . . . .	1
LITERATURA REVISADA. . . . .	4
Nutrición de las Plantas. . . . .	4
Los Macronutrientes y su Importancia. . . . .	8
Importancia del Nitrógeno. . . . .	15
El Ciclo del Nitrógeno y su Mineralización. . . . .	24
Fertilización del Sorgo. . . . .	30
Mecanismos que Causan Pérdidas de Nitrógeno. . . . .	40
El Fósforo y el Potasio en las Plantas. . . . .	45
Efecto de los Fertilizantes sobre la Composición de las Plantas. . . . .	54
Sintomatología y Análisis Foliar. . . . .	56
MATERIALES Y METODOS. . . . .	61
RESULTADOS Y DISCUSIONES. . . . .	81
CONCLUSIONES. . . . .	102
RECOMENDACIONES. . . . .	104
BIBLIOGRAFIA. . . . .	105
APENDICE. . . . .	109
A1. Rendimiento en grano de sorgo en kg/ha ajustado al 12% de humedad. . . . .	110
A2. Altura total de la planta (cm). . . . .	111
A3. Altura de la planta a la excersión de la panoja (cm). . . . .	112

A4. Altura de la planta a la base de la hoja <u>bande</u> ra (cm). . . . .	113
A5. Diámetro de la parte media del tallo de la <u>plan</u> ta (cm). . . . .	114
A6. Longitud de la panoja del sorgo (cm). . . . .	115
A7. Longitud de la excursión de la panoja del sorgo (cm). . . . .	116
A8. Area foliar por planta ( $\text{cm}^2$ ). . . . .	117
A9. Area foliar por hoja en el sorgo para grano ( $\text{cm}^2$ ). . . . .	118
A10. Rendimiento de forraje en materia seca por par- cela útil ( $\text{kg}/4.32 \text{ m}^2$ ). . . . .	119
A11. Rendimiento de forraje en materia seca en $\text{kg}/\text{ha}$	120
A12. Porcentaje de Nitrógeno en el follaje de la planta de sorgo a los 90 días de cultivo. . . .	121

## INDICE DE TABLAS

Tabla		Página
1	Resultados del análisis del suelo donde se realizó el estudio experimental en sorgo para grano, durante el ciclo Primavera 1981. en el municipio de Marín, N.L. . . . . .	63
2	Tratamientos aplicados en el experimento de sorgo para grano. Ciclo Primavera 1981. Marín, N.L.	66
3	Uso consuntivo para el cultivo de sorgo de grano en la región de Marín, N.L. 1981. . . . .	72
4	Calendario de riego para el cultivo de sorgo de grano. Ciclo Primavera 1981. Marín, N.L. . . . .	72
5	Relación del porcentaje de humedad con el nivel de abatimiento del agua aprovechable para el área experimental. Marín, N.L. 1981. . . . .	75
6	Análisis de varianza para la producción del sorgo en grano. Ciclo Primavera 1981. . . . .	81
7	Rendimiento en grano (kg/ha) del sorgo para cuatro niveles de fertilización nitrogenada en Marín, N.L. Ciclo Primavera 1981. . . . .	82
8	Análisis de varianza para la altura total de la planta en el experimento de Sorgo para grano en el Ciclo Primavera. Marín, N.L. 1981. . . . .	84
9	Altura total media del sorgo para cuatro niveles de fertilización nitrogenada en Marín, N.L. 1981. . . . .	85

10	Análisis de varianza para la altura de la planta a la excursión de la panoja. En el experimento de sorgo para grano, durante el Ciclo Primavera. Marín, N.L. 1981. . . . .	85
11	Altura media a la excursión de la panoja, para diferentes dosis de nitrógeno en sorgo. . . . .	86
12	Análisis de varianza para la altura de la planta a la base de la hoja bandera del experimento en sorgo para grano 1981. . . . .	86
13	Altura media en la planta a la hoja bandera (cm) para dosis de nitrógeno en el sorgo . . . . .	87
14-	Análisis de varianza para el diámetro de la parte media del tallo en el experimento de sorgo para grano. Marín, N.L. 1981. . . . .	87
15	Diámetro medio (cm) de la parte media del tallo para dosis de nitrógeno. . . . .	88
16	Análisis de varianza para la longitud de la panoja en el experimento de sorgo para grano. . .	89
17	Longitud promedio de la panoja (cm) para niveles de fertilización nitrogenada en sorgo de grano. Ciclo Primavera Marín, N.L. 1981. . . . .	89
18	Análisis de varianza para la longitud de la excursión en la panoja del experimento en sorgo de grano. Ciclo Primavera 1981. Marín, N.L. . . .	90
19	Longitud media de la excursión en la panoja (cm) para dosis de Nitrógeno en sorgo para grano. .	90

Tabla		Página
20	Análisis de varianza para el promedio de área foliar total por planta en el experimento de sorgo para grano. Ciclo Primavera Marín, N.L. 1981. . .	91
21	Area foliar media por planta (cm <sup>2</sup> ) para distintos niveles de fertilización nitrogenada. . . . .	92
22	Análisis de varianza para el área foliar por hoja (cm <sup>2</sup> ) del experimento en sorgo para grano. . . . .	92
23	Area foliar media por hoja para niveles de fertilización nitrogenada. . . . .	93
24	Análisis de varianza para el rendimiento en materia seca por parcela útil del experimento en sorgo para grano. . . . .	94
25	Rendimiento en materia seca por parcela útil de 4 niveles de fertilización nitrogenada en el sorgo para grano. Marín, N.L. 1981. . . . .	94
26	Análisis de varianza para rendimiento en materia seca (kg/ha) en el experimento de sorgo para grano en Marín, N.L. 1981. . . . .	95
27	Rendimiento en materia seca (kg/ha) del sorgo para grano en 4 niveles de fertilización nitrogenada. . . . .	96
28	Análisis de varianza para el contenido medio de nitrógeno en el follaje a los 90 días en el experimento en sorgo. Ciclo Primavera. Marín, N.L. 1981. . . . .	97

Tabla	Página
29 Por ciento de nitrógeno contenido en el follaje de la planta para dosis de nitrógeno en el sorgo para grano a los 90 días de cultivo. . . . .	98
30 Por ciento medio de nitrógeno en diferentes tipos de hojas para distintas dosis de nitrógeno en el sorgo de grano a los 90 días de cultivo. . . . .	99

## INDICE DE FIGURAS

Figura		Página
1	Dimensiones de las parcelas y distribución de los tratamientos en el experimento en sorgo para grano en Marín, N.L. 1981. . . . .	64
2	Distribución de la precipitación total mensual ocurrida de Febrero a Agosto de 1981. en la región de Marín, N.L. . . . .	68
3	Distribución de la temperatura promedio mensual ocurrida de Febrero a Agosto en la región de Marín, N.L. 1981. . . . .	69
4	Distribución de la evaporación total mensual, ocurrida de Febrero a Agosto en la región de Marín, N.L. 1981. . . . .	70
5	Relación de la precipitación-temperatura y ciclo del cultivo ocurridos de Febrero a Agosto de 1981 en la región de Marín, N.L. . . . .	77
6	Relación temperatura-precipitación con labores realizadas en el experimento de sorgo para grano en la región de Marín, N.L. 1981. . . . .	80

## SUMMARY

The present research was conducted at FAUANL Agricultural Experimental Station in Marín, N.L. Mexico on spring season of 1981.

The objective was to know the better nitrogen level just as measure available water depletions level effects in the soil and its possible interaction with the nitrogen factor on grain sorghum crop.

The experimental design was a randomized blocks under split plot arrangement with 4 replications; four nitrogen levels were tested (0, 50, 100 and 150 kg/ha), a constant quantity of Phosphorus of 50 kg and 4 levels of available water depletions in the soil (20, 40, 60 and 80%). At sown time was applied half nitrogen and full phosphorus, the nitrogen remains was applied at cultivation time. As a nitrogen source was used amonic nitrate (33.5% N) and superphosphate (20%  $P_2O_5$ ) for phosphorus. Depletion treatment were not applied due to rains occurred which not permitted for 60 days period the application of the first level, thus was not considered as a factor.

The statistic analysis was done through and adecuation at experiment under randomized block design with 16 replications for the variables measured, except to % of N on the leaves.

The variables measured and statistically analyzed were: grain yield, total height, flag leaf height, excretion height, diameter of the stem at the middle part of the plant, panicle lenght, excretion lenght, dry mater yield, leaf area and nitrogen content on the canopy.

Since results there was not significant differences in all variables as an effect of nitrogen fertilization, however, were found the follow behavior.

The increase in the nitrogen level caused increases in grain yields, which were greater in all the cases. Respecto to the hibrid growed the highest yields were obtained- with the 100-50-0 formule being greater on 552 kg/ha in grain yield with respect to the no nitrogen treatment 0-50-0.

Also the dry matter yields and leaf area increased as increased ni trogen fertilization. The highest dry matter yields (kg/ha) were obtained with 100-50-0 formule, showing a superiority in 252.8 kg/ha, In fun ction to the 0-50-0 fomula and of 725,95 kg/ha with respect to the 50-50-0 level.

Nitrogen levels effect on the mean leaf area per leaf was detected it was found a hight and positive correlation. 150-50-0 formule reach the hight leaf area per leaf, noticeing an increased of 25.22 cm<sup>2</sup>/leaf respect to the area obtined with 0-50-0 formule. The relationship found was. At more nitrogen fertilization, more leaf area.

The highest nitrogen contentes was detected on flag leaf in %, it follow the middle leaf and the lower leaf such behavior was recorded in all the nitrogen leves on study.

The organic matter contents and available nitrogen before exeriment stablishment, just as the hallstorms occurred during bud stage and the hard midge damage (Contarinia sorghicola) were determining factors which masquerade the effect of the nitrogen applied which caused not significance for treatment effects.

## RESUMEN

La presente investigación se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la FAUANL, ubicado en el municipio de Marín, N.L. durante el ciclo Primavera de 1981.

El objetivo fue conocer el mejor nivel de Nitrógeno, así como medir el efecto de los niveles de abatimiento del agua aprovechable en el suelo y de su posible interacción con el factor Nitrógeno en el cultivo de sorgo para grano.

El diseño experimental utilizado, fue de bloques al azar bajo el arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones; se probaron cuatro niveles de nitrógeno (0, 50, 100 y 150 kg/ha), una adición constante de 50 kg de Fósforo y cuatro niveles de abatimiento del agua aprovechable en el suelo (20, 40, 60 y 80%). En la siembra se aplicó la mitad del Nitrógeno y todo el Fósforo, el resto del Nitrógeno se aplicó en la escarda; como fuente de Nitrógeno se utilizó el nitrato de amonio y para el Fósforo fue el Superfosfato de Calcio simple. La aplicación de los abatimientos no se realizó por causa de la precipitación ocurrida, lo cual impidió por espacio de 60 días la aplicación del primer nivel; por lo tanto, dejó de considerarse como factor de estudio.

El análisis estadístico se realizó mediante una adecuación a un experimento en bloques al azar simple con 16 repeticiones para las variables medidas, excepto para porcentaje de Nitrógeno en las hojas.

Las variables medidas y analizadas estadísticamente fueron: el rendimiento de grano, altura total, altura a la hoja bandera, altura a la excursión de la panoja, diámetro de la parte media de la planta, longitud

de la panoja, longitud de la excursión, rendimiento en materia seca, área foliar y contenido de Nitrógeno en el follaje.

Según los resultados, las diferencias observadas no fueron significativas en todas las variables como efecto de la fertilización nitrogenada; sin embargo, se apreciaron los siguientes comportamientos:

Los incrementos en los niveles de Nitrógeno causaron incrementos en la producción de grano, la cual fue superior en todos los casos a la media de comportamiento para el híbrido cultivado. Los mayores rendimientos fueron obtenidos por la fórmula 100-50-0, siendo superior en 552 kg por ha en grano, con respecto al testigo 0-50-0.

También los rendimientos en forraje seco y el área foliar se incrementaron al aumentar la fertilización nitrogenada. Los mayores rendimientos en forraje seco (kg/ha) fueron obtenidos con la fórmula 100-50-0, observándose una superioridad en 252.5 kg/ha, en función de la fórmula 0-50-0 y de 725.95 kg con respecto al nivel 50-50-0.

Se detectó efecto del nitrógeno en el área foliar media por hoja; encontrándose una correlación alta y positiva. La dosis 150-50-0 registró la mayor superficie foliar por hoja, observándose un incremento de 25.22 cm<sup>2</sup>/hoja con respecto al área obtenida con la fórmula 0-50-0. La relación encontrada fue de que a mayor fertilización nitrogenada, mayor es el área foliar.

Los mayores contenidos de Nitrógeno se detectaron en la hoja bandera, le siguieron en porcentaje en la hoja media y el menor contenido se detectó en la hoja inferior. Este comportamiento se registró en los cuatro niveles de Nitrógeno estudiados.

Los contenidos de materia orgánica y Nitrógeno total antes del inicio del experimento, así como las granizadas ocurridas durante la etapa de embuchamiento y los ataques severos de la mosquita (Contarinia sorghicola), fueron factores determinantes, que enmascararon el efecto del Nitrógeno aplicado, lo cual causó la no significancia por efecto de los tratamientos.

## INTRODUCCION

En el viejo continente el cultivo del sorgo estaba bastante extendido antes de la introducción y difusión del maíz. Todavía representa el grano de sorgo el principal alimento en poblaciones enteras de Africa y Asia. El sorgo de grano ocupa en el mundo una superficie de 50 millones de hectáreas, siendo Estados Unidos el primer productor mundial, le sigue la República de China, Argentina y México, con una producción nacional aproximada de 6.5 millones de ton (5).

El cultivo de sorgo en México empezó a adquirir importancia aproximadamente en 1958 en la zona norte de Tamaulipas. Con el transcurso de los años este cultivo ha adquirido cada vez más importancia y se ha extendido prácticamente a todos los estados de la República. Los rendimientos que se obtienen son muy variables, con un promedio nacional de aproximadamente 2.5 ton de grano/ha y con máximo rendimiento en El Bajío con 10 ton. En forraje, el promedio es más o menos de 30 a 40 ton/ha en el primer corte (31).

La superficie destinada a su cultivo ha crecido impresionantemente en los últimos años, en 1960 se cultivaban 116,000 ha y en 1980 pasó a 1;500,000 ha, este incremento es resultado de la gran demanda por parte de la industria agropecuaria (22).

Sus rendimientos duplican a los obtenidos con maíz de temporal, esto dado por su rusticidad y tolerancia a las ba

jas precipitaciones, por su adaptación en lugares donde el maíz no prospera, teniendo otras ventajas sobre otros cultivos, tales como: resistencia al viento, al exceso de humedad, a su porte y forma de fecundación (21).

El sorgo prospera en climas calientes y resiste prolongadas sequías, aunque necesita lluvia o riego en tiempos de floración para formación de granos. El forraje y los granos conservados en silos son excelente forraje, como planta es venenosa para el ganado (24).

Es un cereal de principal importancia en la alimentación de países indo-asiáticos y africanos. Se extraen aceites, azúcares, jarabes, alcoholes, almidones, ácidos orgánicos, ingredientes de lodos para pozos petroleros. El grano contiene 70% de carbohidratos, 12% de proteínas y 3% de grasas aproximadamente.

En la actualidad, el sorgo de grano ha adquirido mucha importancia, ya que puede sustituir al maíz en sus usos, tales como: grano para la alimentación humana, así como el forraje en engorda de animales y en la industrialización diversificada del mismo (2).

Actualmente es uno de los cultivos que se ha venido incrementando en las áreas agrícolas de la zona norte del estado de Nuevo León, México. El sorgo de grano es uno de los cultivos de gran importancia por la superficie cultivada, por aportar una cantidad considerable de ingresos en el pro

ducto agrícola de la entidad y por el número de familias que dependen de su cultivo como única fuente de ingresos (26).

Considerando la importancia de los macronutrientes en la producción como opción en el incremento de la productividad de dicho cultivo y dada la pobreza en la fertilidad de los suelos de la región, además por ser vital el descubrimiento de técnicas de cultivo, enfocadas hacia el logro de incrementos significativos en el rendimiento del sorgo y por tener un amplio rango de adaptación, se planeó llevar a cabo la presente investigación experimental con el objetivo de encontrar una fórmula que posiblemente incremente la producción del sorgo para grano, mediante la aplicación de diferentes niveles de Nitrógeno, en el cultivo de sorgo para granobajo riego de ciclo temprano en la región de Marín, N.L. México.

## LITERATURA REVISADA

### Nutrición de las Plantas

Las plantas son organismos capaces de sintetizar compuestos orgánicos a partir de sustancias inorgánicas. Los elementos necesarios para el crecimiento, desarrollo y producción de los vegetales cultivados son el carbono, el hidrógeno y el oxígeno tomados del agua y del dióxido de carbono, del aire y las sales minerales, tomadas del suelo a través de las raíces.

De los numerosísimos elementos que el análisis pone de manifiesto en las cenizas de los vegetales, muchos son necesarios aunque sean absorbidos también por la planta. Solo unos cuantos se consideran indispensables para el crecimiento, desarrollo y la producción vegetal.

Los elementos minerales pueden clasificarse según su utilidad, en esenciales, beneficiosos y accesorios. Los esenciales son aquellos que causan un crecimiento anormal de la planta sin completar su ciclo vital, los no esenciales que benefician el crecimiento, se llaman beneficioso y los accesorios pueden ser inútiles o tóxicos.

Un fertilizante es toda sustancia o técnica que se emplea para aumentar la fertilidad del suelo. Los fertilizantes pueden dividirse en enmendantes de la estructura, modificadores de la acidez y como abonos o sustancias empleadas para las mejores condiciones nutritivas del suelo (5.).

La aplicación de fertilizantes químicos y orgánicos debe iniciarse con el establecimiento de un cultivo, pues su futura capacidad productiva puede ser afectada seriamente por un atraso inicial del crecimiento.

El uso racional de abonos es un problema complejo que debe tratarse en forma integral, con base en un análisis de exigencias específicas en cuanto a la fertilidad del suelo, capacidad productiva de la planta y aspecto económico de la inversión (25).

La práctica del desmonte manual y quema de la vegetación con la finalidad de mejorar la disponibilidad del fósforo y utilizar el valor fertilizante con potasio que tiene las cenizas y evitar la compactación del suelo por el uso de maquinaria pesada. Fertilizar y usar mejoradores como la cal, después de la segunda siembra y otra consideración sería que en lugar de modificar el suelo para satisfacer la demanda de la planta, se debe adaptar la planta a las condiciones del suelo (7).

Es muy importante el manejo posterior que se le da al suelo. Hardy citado por Jiménez Díaz (1967) sostiene que la productividad inicial del suelo no se mantiene bajo ningún sistema de cultivo ideado a la actualidad. Muchos son los factores, que contribuyen al deterioro de las propiedades de un buen suelo y solo unos pocos de ellos pueden controlarse eficientemente por medio de prácticas sencillas, como sería el caso de la fertilización química para restaurar el nivel nu-

tritativo. La disminución del tenor de materia orgánica conduce a la pérdida de la estructura física del suelo, lo cual altera profundamente el balance entre el abastecimiento de aire y agua que es esencial para el normal funcionamiento de las raíces (25).

Justus Von Leibig, citado por Firman (1969), expuso que el crecimiento de las plantas depende de las cantidades de los diversos elementos nutritivos minerales disponibles para ser utilizados en el suelo. Esta afirmación se hizo para recalcar que las plantas no utilizan la materia orgánica del suelo como tal, sino el anhídrido carbónico, los compuestos de nitrógeno y los elementos minerales puestos en libertad de esta materia orgánica al ser descompuesta en el suelo. Leibig afirmaba que la reducción de productividad de un suelo al que se había extraído una cosecha, era debida a la pérdida de nitrógeno y de materias minerales que las cosechas se llevaban del suelo, También sugiere que se hiciera uso de depósitos minerales para reponer las pérdidas de cultivo, estos depósitos contenían elementos necesarios para las plantas y denominados como abonos minerales y más tarde como fertilizantes, lo que marcó la pauta para el nacimiento de la industria química agrícola, cuyo propósito es reemplazar el formas que sean fácilmente solubles y disponibles para las plantas.

Algunos agentes bióticos causan un sinergismo en la nutrición de las plantas, destacan entre estos aquellos microorganismos del suelo que ponen en libertad los elementos nu-

tritivos minerales de la materia orgánica del suelo. En otros grupos figuran las bacterias de los nódulos de las raíces de las leguminosas y de las micorrizas que tiene una relación algo semejante con los pelos radicales de plantas que pueden crecer en condiciones de escasas reservas de elementos nutritivos disponibles en el suelo (12).

La nutrición de las plantas depende de algunos mecanismos del suelo y de especie cultivada, así un nutriente puede estar colocado justo al lado de la raíz o en un espacio algo distante, de alguna forma, el nutriente debe llegar al alcance de las raíces. Algunos de estos mecanismos son la intercepción de elementos por las raíces, el movimiento de masas en el suelo y la capacidad de difusión o cantidad de nutriente que se difunde en cierto tiempo hacia la superficie de la raíz.

Existen factores que afectan la facultad de las planta para la adsorción de nutrientes, entre éstos están:

1. La concentración de oxígeno en la atmósfera del suelo, siendo que una aereación pobre, afecta el estado de oxidación e inhibe la adsorción de nutrientes.
2. La temperatura del suelo afecta al metabolismo del cultivo, de esta manera bajas temperaturas del suelo propician tener que realizar mayores aportes de fertilizantes, lo contrario es para tiempo caluroso, siendo esto una particularidad del fósforo.

3. Existen reacciones antagónicas entre los elementos nutritivos del suelo, por lo que es necesario balancear adecuadamente los iones de los elementos que constituyen el suelo.
4. Hay sustancias tóxicas que alteran o afectan algunas funciones de las plantas, tal es el caso del exceso del aluminio y el boro (27).

### Los Macronutrientes y su Importancia

Mediante la técnica del cultivo en soluciones nutritivas, en el Siglo XIX se estableció la esencialidad de siete elementos, además del carbono, hidrógeno y oxígeno. El nitrógeno, el fósforo, el potasio, el azufre, el calcio, el magnesio y el hierro, estos siete elementos se requieren en cantidades relativamente elevadas, por lo que reciben el nombre de macronutrientes. Constituyen la materia orgánica elaborada por las hojas y forman la masa del vegetal.

Cuatro de ellos, el calcio, magnesio, azufre y hierro, están presentes en el suelo en cantidad suficiente para satisfacer las necesidades de las plantas y raramente se debe intervenir para aumentar su cantidad en el suelo.

Los otros tres (nitrógeno, fósforo y potasio), son absorbidos por las plantas en gran cantidad, pero su cantidad en el suelo es insuficiente para conseguir producciones elevadas la escasez de estos elementos, especialmente de los dos prime

ros , constituye una de las principales causas limitantes de la producción vegetal sobre la tierra. De aquí, que el abonado de los cultivos se basa exclusivamente en el aporte de estos tres elementos (5).

Los nutrientes vitales abundan más en algunos suelos que en otros, pero la cantidad de yacimientos no es tan importante como la facilidad con que puedan aprovecharlos las plantas, esto depende en gran medida de cuan alcalino o ácido es el suelo.

Por ejemplo, en los suelos muy ácidos el fósforo puede volverse inasequible porque forma compuestos con el aluminio y el hierro y éstos no se disuelven en el agua del terreno. Las plantas pueden no encontrar suficiente calcio en los suelos demasiado ácidos porque éste ha sido removido de la capa superficial. Los microbios no prosperan, en consecuencia, la materia orgánica no será descompuesta y no liberará elementos tan esenciales como el nitrógeno, el fósforo y el azúfre. si el terreno es demasiado alcalino, el hierro, el magnesio el cobre y el zinc se tornarán inasequibles para las plantas; sin embargo, cuando el suelo alcanza un grado extremo de alcalinidad, /estos metales se vuelven asequibles, con demasiada facilidad y pueden envenenarlas (10).

De lo anterior, se desprende que el aprovechamiento de los nutrientes por las plantas se ve afectada principalmente por el pH del suelo amén de otros factores y que deberán de

tomarse muy en cuenta, para la planeación de la investigación y de explotación de tierras consideradas como agrícolas. Con la finalidad de asegurar el aprovechamiento de los elementos minerales que se incorporen al suelo y asegurar una alta producción y productividad de los cultivos.

### Obtención de los Principales Macroelementos

En la actualidad, la industria de los abonos es enorme en los Estados Unidos, se hará cada vez más importante en el mundo, a medida que se redoble los esfuerzos para alimentar la creciente población del planeta.

En los fertilizantes se debe suministrar convenientemente tres elementos principales: nitrógeno, fósforo y potasio.

El primero se obtiene en grandes cantidades, principalmente del amoníaco derivado de los combustibles fósiles. El amoníaco para abonos se utiliza en varias formas: nitrato de amonio combinado con fósforo, como fósforo de amonio o como urea. Cierta cantidad de nitrógeno que se emplea en los fertilizantes se la suministra el nitrato de sodio, un mineral que aparece en estado natural en Chile. También se consigue cierta cantidad de sulfato de amonio, que se recupera como subproducto de la conversión del carbono en coque.

El fósforo se obtiene como roca fosfatada. Esta debe tratarse con ácido sulfúrico o de diversas maneras, para convertirlo en fertilizante aplicable. Estos métodos de tra

tamientos, también proporcionan otros productos fosfatados valiosos por ejemplo: las sustancias químicas para labandería (en algunas plantas, el fluor, producidos con los fosfatos, se recupera en forma apropiada para fluorar el agua). El fosforo se emplea de diversas formas como abono: hiperfosfato triple, hiperfosfato y ácido fosfórico, que se puede convertir asimismo en fosfato de amonio.

Varias sales de potasio se obtienen de minas. Las principales fuentes son Alemania, Francia y los Estados Unidos. Los compuestos de potasio, nitrógeno y fósforo se mezclan en la mayoría de los fertilizantes empleados en la actualidad. En muchos casos, se agregan pequeñas cantidades de elementos vestigiales necesarios en ciertas regiones: zinc, molibdeno cobre y boro (10).

#### Compatibilidad de los Compuestos con N, P y K

El hecho de que los materiales fertilizantes no puedan mezclarse por simple tanteo, es algo que ningún agricultor debe ignorar. La razón de esto es que ciertas sustancias reaccionan entre sí, produciendo mezclas cuyos compuestos no son compatibles y podrían tener efectos tóxicos, o bien no aprovechables por las plantas. A continuación se anuncia una serie de compuestos y su compatibilidad, entre ellos, definida por las leyes de mezclas de los fertilizantes. Por ejemplo:

La Urea es compatible con Sulfato de Potasio, Fosfato (di y trí) cálcicos. El Nitrato de Amoníaco es compatible con cloruro de Amonio, Sulfato de Calcio, Cal agrícola, roca fosfatada, superfosfato, Cal Nitro, Sulfato de Magnesio nitrado de Sodio, Cloruro de Potasio y Sulfato de Potasio. El Sulfato de Amonio es compatible con todos los compuestos que compate al nitrato de amonio a excepción de cloruro de Amonio. Dichas mezclas se pueden preparar y aplicarse en cualquier momento.

No así para otras mezclas, cuyos compuestos son compatibles, pero se debe aplicar inmediatamente, tal es el caso de las mezclas de la Urea con cal agrícola, Sulfato de Calcio, Cianamida de Calcio, Cloruro de Amonio con Sulfato de Amonio o con Nitrato de Amonio.

También en el caso del Nitrato de Amonio con Ammo-Phos o con Urea y el Sulfato de Amonio con los mismos compuestos del Nitrato de Amonio.

Las mezclas que no deben prepararse por se incompatibles utilizados, son por ejemplo: La Urea con nitrato de Potasio, Cloruro de Potasio, Nitrato de Sodio o con Nitrato de Calcio; así también para el Nitrato de Amonio y el Sulfato de Amonio que son incompatibles con: Fosfatos Di y Tricálcicos, Nitrado de Calcio o con Cianamida de Calcio.

Igualmente están definidas los grados de compatibilidad de muchos otros compuestos por las leyes de mezclas de fertilizantes (37).

La necesidad de emplear mezclas balanceadas ha sido reconocida por varios investigadores. Maliphant y Walmsley,

citados por Jiménez y Díaz (1967), al referirse a trabajos realizados en Trinidad, dan cifras que indican que la aplicación de 515 kg de sulfato de amonio, 175 kg de superfosfato doble y 345 kg de cloruro de potasio/ha, provocó un aumento de 744 kg de cacao seco/ha, en comparación con el incremento obtenido con la aplicación de sulfato de amonio que fue solo de 385 kg/ha es más cuando se triplicó la dosis de sulfato de amonio, la respuesta se redujo en algo más de un tercio (228 kg de cacao).

En Grenada, donde el suelo es generalmente más fértil y posee mejores condiciones físicas que en Trinidad, se han obtenido cosechas que exceden los 4,480 kg de cacao seco/ha, con aplicaciones de 1120 kg/ha. Un año de una mezcla de 12-8-24. Sin embargo, hasta que punto este aumento significó una mayor ganancia para el agricultor, no puede deducirse con base en este informe (25).

En Arkansas, un estudio con algodón mostró lo siguiente sin fertilización se obtuvo una producción de 1465 kg de semilla/ha, cuando se aplicó 60-0-0 se obtuvieron 1536 kg de semilla/ha, con 60-60-60 se obtuvo un incremento del 30% con respecto al primero y con 90-60-60 se observó una producción de 1802 kg de semilla de algodón/ha.

En Venema, E.U.A. se estudió el efecto del aumento de elementos en una mezcla siendo para aplicaciones de N + P que se obtuvieran 566 kg/ha de soja, aplicando N+P+K+Cl la

producción fue de 645 kg/ha y una mezcla de  $N+P+K+SO_4+Mg$  arrojó un incremento del 50% con respecto a la mezcla inicial (38).

La fertilización en el cultivo del platano demostró que se tiene una respuesta altamente significativa a la fertilización con nitrógeno y fósforo al actuar juntos y no se encontró respuesta a aplicaciones de fósforo (32).

Sánchez Serna (1974), concluye que la respuesta de las plantas a la cantidad del nitrógeno aplicado parece estar relacionado con la cantidad de fósforo disponible en cada terreno, aunque en ciertos casos el incremento de rendimiento de grano de sorgo por fertilización fosfatada, no sea estadísticamente significativa.

Leal Barroso, citado por Sánchez Serna (1974) en un estudio en Apodaca, N.L. hizo un experimento en sorgo y obtuvo respuesta a la aplicación de fósforo y se concluyó que de este elemento, la cantidad más apropiada resultó ser de 40 kg/ha, encontrando que la fórmula más ventajosa fue la de 40-40-00 en condiciones óptimas de cultivo.

La mejor base para decidir la cantidad de fertilizante que debe aplicarse, es el conocimiento del mayor rendimiento que puede lograrse con diferentes cantidades de abono. Con estos datos y los del costo del fertilizante y el valor de la cosecha, sería posible estimar la cantidad de fertilizante que será económico aplicar, en la práctica no hay ningún

método que permita saber de un modo exacto el aumento de producción que se puede obtener con diferentes dosis de fertilizantes. Esta información solo puede obtenerse por medio de investigaciones cuidadosas hechas por la Estación Agrícola Experimental de la región (40).

### El Nitrógeno y su Importancia

Desde el origen de las especies y a través del tiempo, el nitrógeno ha sido un elemento de vital importancia en la sobrevivencia, evolución, desarrollo y crecimiento de la gran mayoría de las especies vivientes.

La especie Sorghum vulgare, no es ninguna excepción a tal ley. Todos los vegetales requieren de cantidades variables de Nitrógeno para la formación de proteínas, fibras, hojas nuevas y en consecuencia, tener un vigor óptimo para su sobrevivencia. La falta de Nitrógeno en un vegetal causa un desarrollo raquítico de la especie, que la hace incapaz de crear una lucha con el resto de las especies.

El Nitrógeno es básico, principalmente durante las primeras etapas de crecimiento de cualquier vegetal.

El Nitrógeno da a las plantas color verde oscuro, tamaño desarrollo foliar y succulencia. Las plantas que carecen de este elemento, están raquíticas, de color verde pálido y anémicas. El Nitrógeno es la base principal de las proteínas, una buena aportación de este elemento, aumenta las proteínas

en los cereales menores, el maíz, el heno y las gramíneas pratenses. El contenido de Nitrógeno en las plantas varía desde un 0.5% en la paja, hasta un 3.5% en las leguminosas de poco desarrollo y en las gramíneas muy al principio de su desarrollo.

Un exceso de Nitrógeno es perjudicial para algunas cosechas. Por ejemplo, un exceso determina que el trigo, la avena y la cebada crezcan mucho y tengan la paja débil, lo que hace que se encamen fácilmente. También demasiado Nitrógeno al final del ciclo vegetativo, impide que algunos frutos y el tabaco maduren normalmente (40).

Por ser el Nitrógeno elemental, el principal constituyente del aire (78% aprox.), cabría esperar en correspondencia una abundancia de compuestos nitrogenados en la superficie de la tierra, pero este no es el caso, aún cuando son varios los compuestos orgánicos e inorgánicos nitrogenados que se hallan dispersos en el suelo, puede decirse que son raros los depósitos importantes de compuestos minerales de Nitrógeno y en todo caso, se presentan en zonas estrictamente limitadas, por lo común en regiones semiáridas.

La razón principal de este fenómeno es la estremada solubilidad de las sales del Nitrógeno; esto los hace susceptibles a lavado e impide su acumulación, salvo en aquellas zonas donde la lluvia es muy escasa. El hecho de que los verdaderos suelos minerales casi siempre sean deficientes en

Nitrógeno deben atribuirse a la misma causa (42).

Los caminos principales por los que el Nitrógeno es convertido a formas utilizables por las plantas superiores son los siguientes:

1. Fijación por *Rhizobia* y otros microorganismos que viven simbióticamente en las raíces de las leguminosas y otras determinadas plantas no leguminosas.
2. Fijación por microorganismos que viven libremente en el suelo y quizás por organismos que viven en las hojas de plantas tropicales.
3. Fijación como alguno de los óxidos de Nitrógeno, por las descargas eléctricas atmosféricas
4. Fijación como amoníaco, nitratos o nitritos por alguno de los procesos industriales para la fabricación de los fertilizantes nitrogenados sintéticos.

Las cantidades de nitrógeno fijado por *Rhizobia*, difieren con la cepa rhizobial, la planta huésped y las condiciones ambientales bajo las que ambas se desenvuelven, En Nueva Zelanda se han descrito cantidades tan altas como 500 kg de Nitrógeno fijado/ha de cultivo de trébol bajo condiciones de trabajo, el clima fue extremadamente favorable para el crecimiento durante todo el año. En Estados Unidos, la alfalfa fija en promedio 194 kg de nitrógeno/ha, el trébol 179 kg/ha fijación del nitrógeno por las leguminosas es máximo tan solo cuando el nivel del Nitrógeno disponible del terreno alcanza

un mínimo. Es aconsejable generalmente, incluir una pequeña cantidad de Nitrógeno en el fertilizante de las cosechas agrícolas. Aplicaciones grandes o continuas de nitrogenadas reducen, sin embargo la actividad de rhizobia.

La fijación del nitrógeno en los terrenos se realiza también en cierto modo por algunos organismos que viven libremente, los más importantes son los rhodospirillum que son fotosintéticos, clostridium que es un saprofito anaerobio y los saprofitos aerobios; azotobacter y beijerinckia. Ha habido una especulación considerable acerca de las cantidades de Nitrógeno que fijan actualmente estos organismos que viven libremente, algunas estimaciones son tan elevadas como de 20 a 45 kg/ha/año (38).

En condiciones óptimas de laboratorio, los azotobacter pueden fijar hasta 200 kg de N por cada dos millones de kg de suelo; sin embargo, en el campo es dudoso que la cantidad de Nitrógeno fijada pase de 280 kg/ha durante un año estos microorganismos prefieren utilizar el amoniac y el nitrato que están siendo producidos por otros microorganismos a partir de las proteínas de la materia orgánica del suelo, antes de fijar el nitrógeno gaseoso contenido en el aire del suelo.

Durante la descomposición de cualquier clase de materia orgánica que no haya sido incorporada al suelo, parte de su nitrógeno escapará a la atmósfera en forma de amoniac, cuando la riqueza del nitrógeno del suelo se incrementa al nivel

necesario para obtener grandes rendimientos de los cultivos, la eficiencia de los microorganismos fijadores de nitrógeno desciende para emplear éstos una mayor proporción de nitrógeno del contenido en el suelo (12).

Compuestos nitrogenados se hallan en la atmósfera y vuelven a la tierra cuando llueve. El Nitrógeno está en forma de amoníaco, nitrato, nitrito, óxido nitroso y algunas combinaciones orgánicas, estas formas provienen de las descargas eléctricas, de desechos industriales acumulados en la atmósfera y algunas veces provienen del suelo y están siendo devueltas continuamente al suelo por la precipitación pluvial. La cantidad de Nitrógeno fijada oscila entre 1 a 50 kg/ha, siendo mayores donde hay mayor actividad industrial y más aún, por norma en las zonas tropicales que en las templadas y polares (38).

La tendencia general en la producción de fertilizantes nitrogenados por procedimientos industriales de fijación del Nitrógeno atmosférico consiste en que el producto pueda ser obtenido y utilizado al más bajo costo por kilogramo de Nitrógeno. Cada vez se utilizan mayores cantidades de amoníaco anhidro y soluciones amoniacaes para ser aplicadas directamente al suelo, le sigue la producción de sales amoniacaes de los ácidos nítrico, sulfúrico y fosfórico que tienen la ventaja de forma de sal para ser manejadas en seco (12).

La fijación de nitrógeno por abonos químicos, está dado que para 1900, el 90% del nitrógeno proporcionado con abonos

se suministra a través de productos orgánicos naturales, como la harina de semilla de algodón, de semilla de lino, residuos animales y guano. En 1954, bajó dicho porcentaje al 2 ó 3%. Los productos orgánicos naturales tienen un costo muy elevado y no poseen ningún poder milagroso para estimular el desarrollo de las cosechas. Existe una gran diversidad de abonos nitrogenados cada uno tiene ventajas especiales para determinadas ocasiones, realmente un abono que satisfaca todo los casos, se puede adquirir nitrógeno en forma de fertilizantes mixtos o en abonos que no contienen más elementos nutritivos que el nitrógeno. Por ejemplo, al urea que contiene un 46% de Nitrógeno, es de forma solida, tiene buena retención en el suelo y una acidez-residual de 180 kg, la cantidad de nitrógeno que contienen los abonos existentes, varía desde un 16% para el nitrato de sodio hasta el 82% para el amoniaco anhidro (40).

### Formas del Nitrógeno del Suelo

El Nitrógeno que se halla en el suelo puede ser generalmente clasificado como inorgánico y orgánico. La cantidad total mayor se halla en gran parte como integrante de los materiales orgánicos complejos del suelo. Las formas inorgánicas del nitrógeno del suelo incluyen  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{NO}$  y nitrógeno elemental que es claro, está inerte, excepto para su utilización por rhizobia, se cree también que existe hidroxilamina ( $\text{NH}_2\text{OH}$ ), pero a causa de que se supone que es intermediario en la formación de  $\text{NO}_2^-$  del amonio, pues es inestable y no pue

de persistir. Desde el punto de vista de la fertilidad del suelo, la forma  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$  son de mayor importancia; el óxido nitroso y el óxido nítrico también son importantes en un camino negativo, porque representan formas del nitrógeno que se pierde para la utilización en el cultivo a través de la desnitrificación.

Las formas orgánicas del nitrógeno del suelo se hallan como aminoácidos y proteínas consolidados, aminoácidos libres aminoazúcares y otros complejos generalmente compuestos no identificados. Los primeros se hallan en fuerte combinación con arcillas, lignina y quizás otros materiales, razón por la cual se resisten a su descomposición. La materia orgánica del suelo, puede ser agrupada en dos categorías: humus, que es algo resistente a una rápida descomposición ulterior y la segunda, incluye aquellos materiales orgánicos (38).

El nitrógeno en forma nítrica es la fuente más importante de este elemento para los vegetales superiores y posiblemente las plantas que utilizan directamente el nitrógeno amoniacal, únicamente lo hacen en presencia de cierta cantidad proporcional de nitrógeno nítrico (37).

El nitrógeno anhidro y las sales amoniacales no solamente tienen la ventaja de su bajo costo por unidad de nitrógeno, sino que a pesar de su alto grado de solubilidad en el agua, su nitrógeno no es arrastrado fácilmente del suelo después de su aplicación. La única desventaja reside en sus efectos aci-

dos sobre el suelo al ser oxidado el ácido nítrico. Por cada 100 kg de amoniaco anhidro aplicado al suelo, se requieren aproximadamente 148 kg de caliza para neturalizar su efecto ácido. Por cada 100 kg de sulfato amonico, se necesitan 110 kg de caliza, en este caso al ser oxidado el fertilizante del suelo, se forma ácido nítrico y ácido sulfúrico (12).

La mayor parte de los materiales orgánicos se hallan expuestos a una descomposición rapida, materiales que van desde residuos frescos de las cosechas a aquellos que por una cadena de reacciones de descomposición se aproximan a cierto grado de estabilidad.

La importancia de la materia orgánica no puede desestimarse, es necesaria para mantener una buena estructura del suelo aumenta la capacidad de intercambio catiónico, sirve como reservorio para el nitrógeno del suelo, además mejora las relaciones con el agua y su mineralización y proporciona un suministro de los elementos mayores (38 ).

Según Balba y Bray (1956), clasificaron a los elementos nutritivos en móviles y relativamente inmóviles, estos ultimos son absorbidos por el coloide del suelo como cationes intercambiables y relativamente resistentes a la lixiviación. Los elementos móviles tales como los nitratos, se desplazan libremente en el suelo y con la solución del suelo, determinaron que un nutriente inmóvil en el suelo, es uno cuyo ritmo de difu-sión en el suelo es mucho más lento que el ritmo de peentra-

ción de la zona pilosa de la raíz. Por otro lado, un nutriente relativamente móvil es aquel cuyo movimiento en el suelo es más rápido que el movimiento de los pelos radicales como consecuencia de ello, un nutriente móvil puede agotarse completamente en el suelo a través del sistema radicular. La esca<sup>z</sup> de los elementos móviles provoca una reducción del Nivel de crecimiento de las plantas, por lo tanto, el nitrógeno en forma de nitratos influye absolutamente en el crecimiento además se considera que en todo estudio que trate de relacionar los niveles de nutrientes inmóviles con el crecimiento, deberá asegurarse siempre de que halla nutrientes móviles adecuados para mantener los diferentes ritmos de crecimientos a lo largo del tiempo del experimento.

En comparación con P y K, la evaluación de la situación del nitrógeno requiere de un enfoque diferente, porque casi todo el nitrógeno es orgánico, pero los cultivos dependen en gran parte de nitratos y amoniacos inorgánicos. La situación del nitrógeno en el suelo depende principalmente de cuanto nitrógeno orgánico es mineralizado por microorganismos (3).

Prácticamente, la respuesta de un cultivo a la aportación de un abonado nitrogenado mineral, depende muy poco de la riqueza del suelo en nitrógeno orgánico que da el análisis (15).

## El Ciclo del Nitrógeno y su Mineralización

La fuente del nitrógeno para la síntesis de aminoácidos y proteínas, son los nitratos del suelo y el agua. Estos nitratos son absorbidos por las plantas y pasan a formar parte de los aminoácidos y proteínas. Las plantas pueden ser ingeridas por los animales, que a su vez emplean los aminoácidos de las proteínas vegetales para sintetizar sus propias proteínas y algunos otros compuestos nitrogenados.

Cuando mueren los animales o las plantas, las bacterias de la putrefacción transforman el nitrógeno de sus proteínas y otros compuestos en amoníaco. Los animales excretan varios tipos de productos de desechos a base de nitrógeno (urea y ácido úrico) y las bacterias mencionadas transforman estos productos en amoníaco, casi todo este elemento es transformado en nitritos por las bacterias nitrificantes; pasa luego a nitratos por acción de las bacterias correspondientes con lo que se compone el ciclo. Por lo que dicho ciclo se considera de elemental importancia. Ciertas reacciones del ciclo se producen en el aire, en tierra y en el agua. En este ciclo, el nitrógeno es convertido por una variedad de procesos bioquímicos, en sustancias que pueden usarse para producir componentes de ácidos nucleicos y otros compuestos nitrogenados (1).

Se estima que, anualmente 1 a 2% de las reservas de nitrógeno orgánico pasan al estado nítrico disponibles para las plantas, el cual depende de las condiciones del suelo para la

mineralización. Se ha encontrado que la fertilidad natural de un suelo, dependerá de su mayor parte del porcentaje anual de mineralización de las reservas orgánicas se ha intentado determinar en el laboratorio la cantidad de nitrógeno que el suelo puede suministrar, ya que el conocimiento de las reservas totales de nitrógeno, daría una valiosa aportación para determinar la intensidad del abonado nitrogenado. El nitrógeno amoniacal es una forma transitoria que rápidamente se transforma en nitrógeno nítrico. Diversos trabajos han puesto en evidencia la posibilidad de que los iones de amoniaco queden fijados de forma duradera y profunda en cantidades a veces importantes en la red cristalina de las arcillas (15).

El ion amonio tiende a reemplazar al calcio en el complejo de cambios que tienen lugar en el suelo, de tal modo que llega a ser ligado al suelo hasta que se oxida, convirtiéndose en nitrato por la acción de las bacterias nitrificantes (12).

En el suelo el nitrógeno se halla en forma orgánica e inorgánica, como las rocas no contienen nitrógeno o lo tienen en muy pequeña cantidad, el reaprovechamiento del suelo depende de la disgregación del humus y de la fijación por parte de las bacterias.

Se admite que, anualmente el 1 a 2% de las reservas de nitrógeno orgánico pasan al estado nítrico. La fertilidad natural de un suelo dependerá en su mayor parte del porcentaje anual de la mineralización de sus reservas orgánicas.

El Nitrógeno amoniacal, es consecuencia de la primera transformación, es soluble en agua, pero queda retenido por el poder absorbente del suelo.

El Nitrógeno nítrico resulta de la oxidación del nitrógeno amoniacal por los microbios nitrificantes del suelo, es extremadamente soluble en agua y no es retenido por el poder absorbente del suelo, aunque el nitrógeno nítrico desciende en el suelo, arrastrado por el agua de infiltración, inversamente puede también subir por capilaridad en los períodos de sequía, tanto en lo que respecta al nitrógeno aportado con los abonos como el que se forma a más profundidad por el proceso de mineralización (15).

El Nitrógeno del suelo está sometido a una serie de transformaciones, la aportación del nitrógeno se realiza mediante la fijación del nitrógeno atmosférico, mediante el agua de lluvia que lleva en disolución nitrógeno combinado; por el aporte de materia orgánica y por fertilización del suelo. Las pérdidas de nitrógeno son debidas esencialmente a lavado de nitratos hacia las partes profundas del suelo por el agua gravitacional, a la desnitrificación o proceso por el cual los nitratos pasan a nitrógenos gaseoso, que pasan a la atmósfera por la erosión y por la eliminación de la cosecha. El nitrógeno principalmente en forma de nitrato es absorbido por la planta (5).

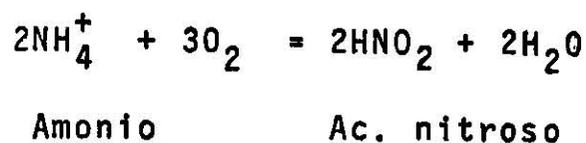
Dado que los microorganismos requieren diversos elementos nutritivos para su desarrollo, principalmente; fósforo,

potasio, magnesio y calcio. Aplicando estos elementos al suelo en forma de fertilizantes asimilables de inmediato se consigue apresurar la velocidad a que se harán la amonificación y la nitrificación.

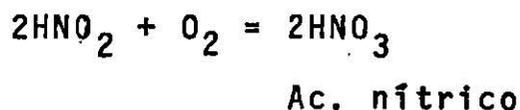
Los microorganismos que realizan la descomposición, utilizan el carbono como fuente de energía y en presencia de grandes cantidades de tales sustancias, su número aumenta rápidamente, su exuberante desarrollo requiere volúmenes considerables de nitrógeno, lo que causa un empobrecimiento temporal del suelo al ser utilizado por los descomponedores.

El proceso químico más importante es la hidrólisis biológica que descompone gradualmente las proteínas hasta dar proteosas, peptonas, aminoácidos y finalmente, amoníacos, las sales amónicas son continuamente oxidadas por dos grupos diferentes de bacterias hasta la etapa de nitritos y nitratos.

Primera etapa: Nitrosomonas y nitrosococcus



Segunda etapa: Nitrobacter



Los nitritos son muy inestables en presencia del oxígeno y por lo tanto, las dos etapas suceden continuas una poste

terior a la otra, por lo tanto, no es factible que en condiciones normales aumenten hasta un nivel tóxico para las plantas superiores (37).

Después de un largo período de sequía, se puede suponer que en el suelo hay un importante resto de nitrógeno mineralizado y es prudente no forzar la dosis, por el contrario, después de lluvias invernales abundantes, que provocan un lavado en el suelo, es necesario aplicar dosis más altas de nitrógeno.

El período de máximo empleo de abono, se sitúa en invierno y primavera, en el cual las disponibilidades de nitrógeno en el suelo son muy escasas o no existen, porque la tasa de mineralización es muy lenta. En verano, cuando los procesos de Nitrificación y mineralización de la materia orgánica están en marcha, la necesidad de añadir nitrógeno se reduce por lo menos en los suelos bien provistos de materia orgánica (5).

Como regla general, cuando los materiales orgánicos con una relación C:N mayor de 30, producen una inmovilización del nitrógeno en el terreno durante el proceso de descomposición inicial. Para relaciones entre 20 y 30, puede que no haya inmovilización ni liberación de nitrógeno mineral. Si los materiales orgánicos tienen una relación menor de 20, hay usualmente una liberación de nitrógeno mineral al principio del proceso de descomposición. Si la relación C:N del material reciente es amplia, habrá una inmovilización neta del nitrógeno.

Comúnmente, la relación C:N de la capa superior del suelo cuando ésta no ha sido trabajada, es de aproximadamente 10 ó 12, a esta relación disminuye en muchos casos en el subsuelo, en parte a causa del mayor contenido de nitrógeno amoniacal y de las cantidades de carbono generalmente más bajas (38).

Casi nunca hay en el suelo suficiente nitrógeno y si no hay factores limitantes, existe respuesta a este nutriente. El nitrógeno se requiere en grandes cantidades, según Mitscherlich, se requieren 250 kg/ha para conseguir la mitad del rendimiento máximo posible. Los principales factores limitantes que pueden impedir la acción del nitrógeno, más bien reducirla que impedirla totalmente, son: la sequía, la falta de fósforo, el crecimiento en vicio y en orden económico, una relación de precios producto-nitrógeno desfavorable.

Como no se sabe cuanto nitrógeno asimilable contiene el suelo y cuanto va a liberar o inmovilizar durante el crecimiento, aplicar el nitrógeno todo de una vez no es conveniente, además, las aplicaciones masivas favorecen las pérdidas y la inmovilización.

La fertilización con nitrógeno no solamente aumenta los rendimientos, sino también el contenido de proteínas del pasto. Aumentar la proteína del grano es difícil, en algunos cultivos, muy pocos el nitrógeno puede tener influencia desfavorable sobre la calidad. Con dosis altísimas que casi nunca se aplican, el pasto puede contener demasiados nitratos y volverse tóxico (30).

La estación experimental del oeste de Virginia, estudió los efectos de los abonos químicos aplicando nitrógeno, fósforo, potasio y otros elementos menores, individualmente y combinados, usando distintos compuestos, se encontró que todos y cada uno de los productos químicos han tenido efectos tanto directos como indirectos. Así, cuando una sal fertilizante dada no contenga nitrógeno o potasio, de su empleo podría resultar un incremento de las disponibilidades de estos elementos. Esto pudiera consecuencia, en parte de sus efectos estimulantes en los microorganismos del suelo.

#### Fertilización en Sorgo

En la práctica agrícola, las reservas naturales de nitrógeno y elementos nutritivos minerales del suelo, se pierden en grado mayor o menor en el ciclo normal de retorno al suelo tal como ocurre en la naturaleza (12)

Tarango Vargas (1977) señala que en términos generales, se concuerda en que el sorgo extrae intensamente nutrientes del suelo. El cultivo absorbe mucho nitrógeno durante el crecimiento vegetativo y en el desarrollo del grano, la absorción del potasio es mayor durante el crecimiento vegetativo que procede a la formación de la panoja, indica que la cantidad de fertilizante para aplicar depende de muchos factores, de los cuales el más esencial consiste en la diferencia entre la absorción esperada del cultivo y la cantidad disponible del suelo, menciona que el sorgo necesita de 60.5 kg/ha de nitró-

geno, 23.3 kg/ha de fósforo y 20.1 kg/ha de potasio.

Por otra parte, el sorgo lleva el suelo con raíces con una relación C/N muy amplia, baja la fertilidad actual y esto aumenta la necesidad de fertilizantes. Por lo tanto, las posibilidades de aumentar los rendimientos de este cultivo con fertilizantes son mucho más grandes de lo que se cree.

No se aplica nitrógeno a la siembra, excepto el caso que el sorgo sigue a otro sorgo y no se hizo entre uno y otro barbecho limpio. Para economizar nitrógeno, se puede sembrar entre un sorgo y otro lo más temprano posible, si se puede antes de la cosecha del sorgo, una leguminosa anual. Naturalmente en zonas donde la sequía intensa empieza desde la cosecha del sorgo, esta siembra no puede hacerse. Cuando el sorgo se siembra después de esta leguminosa pastoreada, no se aplica nitrógeno en la siembra.

El principal inconveniente del cultivo es que baja la fertilidad actual y salvando esta dificultad con fertilizantes, se aumenta los rendimientos y se les puede repetir cada año en el mismo campo. Cuando el maíz, sorgo, mijo, moha, etc se siembran para pastoreo o ensilaje, la respuesta a los fertilizantes es más segura que para grano (30).

Estudios realizados en el Campo Experimental de Esobedo, N.L. probaron la adaptabilidad de genotipos en sorgo de grano, determinaron que los híbridos ASGROW y WAC tuvieron los mejores rendimientos, siendo superiores significativamen

te en comparación con 48 híbridos más, siendo viable el uso de cualquiera de estos híbridos para explotaciones comerciales o bien, para estudios experimentales del cultivo del sorgo (30).

Dentro de las plagas más importantes en el sorgo de grano, están: la mosquita de la panoja. Esta plaga se ha diseminado en todas las áreas sembradas con dicho cultivo y en forma notable, infesta anualmente las superficies productoras del cultivo, esta plaga afecta directamente la flor, evitando la polinización, alimentándose de la flor y por ende, reduciendo la producción. Se recomienda para su control una serie de prácticas preventivas, tales como: la fecha de siembra, ya que las siembras que se hacen en febrero o en la primera quincena de marzo, tiene mayores posibilidades de verse librada de esta plaga. La eliminación de hospederos tales como: zacate Johnson y la soca del sorgo anterior, es una buena práctica para disminuir los efectos de su ataque. El control químico se efectúa cuando se detecta una o más mosquitas en cada 15 espigas, aplicando 0.75-1 ingrediente activo de Malathión/ha (35).

Otros recomiendan como base del control integral de la mosquita, la preparación correcta del terreno, siembra temprana, obtener una buena densidad de plantas para evitar el ahijamiento y que las panojas emerjan simultáneamente. Finalmente, cuando así persiste la aparición de mosquita y cuando halla adultos y 50% de panojas emergidas, repetir aplicaciones cada siete días de Sevín 80% a razón de 2-2.5 ton/ha.

Para el control del gusano cogollero como segunda plaga de importancia, consiste en realizar aplicaciones de Telodrin granulado al 1.5% a razón de 5-10 kg/ha, cuando halla un mímo de 50% de plantas dañadas (24).

En el sorgo, las dosis de abonado varían según se cultive en seco o riego. En secano se aplican 100 kg/ha de nitrógeno, 80 kg/ha de fósforo y 90 kg/ha de potasio; cantidades a ajustar en cada caso particular. En riego 140 kg/ha de nitrógeno, 150 kg/ha de fósforo y 160 kg/ha de potasio. En este caso, suele aplicarse el nitrógeno en dos partes; una antes de la siembra y la otra después, en cobertura.

El nitrógeno es un elemento base de la productividad de acción energética en la vegetación; cualquier deficiencia constituye un grave perjuicio frente a la productividad, Sin embargo, no puede aplicarse impunemente, pues un exceso puede perjudicar al cultivo y en caso de grandes dosis, puede contaminar el agua de la capa freática.

A la hora de elegir un tipo de abono nitrogenado, tiene más importancia el precio y la urgencia de las necesidades a satisfacer que la forma bajo la cual se añade el abono.

Las plantas anuales de siembra primavera, se abonan dando todo o casi todo el abonado en el momento de la siembra y el resto en cobertura.

Para determinar la cantidad de nitrógeno a aplicar, influyen la técnica de cultivo-riego, para producir sus efectos be-

néficios, impone abonados muy fuertes a la fertilidad del suelo. En los suelos pobres, que liberan poco nitrógeno con la mineralización de la materia orgánica, el abonado debe representar una parte notable en la nutrición nitrogenada total (5).

En términos generales, se concuerda en que el sorgo extrae intensamente nutrientes del suelo, que lo hace un mal cultivo anterior a otras gramíneas. Hay regiones en las que se hicieron experimentos con diferentes dosis de fertilizantes y se recomienda: para la región del norte de Tamaulipas una dosis de 80-100 kg/ha de nitrógeno, en la Comarca Lagunera es adecuada la fórmula 100-40-0 en el Bajío, la fórmula 140-40-0 ó la 70-35-0 y para el Valle del Yaquí de 100 a 120 kg de N/ha y 40 kg de fósforo por hectárea.

A continuación se presenta la cantidad de nutrientes que se requieren por cada 1000 kg de plantas de sorgo de grano (31).

Partes	Nutrientes (%)		
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Grano	31.9	17.2	9.9
Rastrojo	41.8	12.3	16.4
Total	73.7	29.5	26.3

El Campo Experimental de Cotaxtla, Veracruz, recomienda aplicar las dosis de fertilizantes que utilizan para maíz en el sorgo forrajero, siendo que para suelos de lomeríos con pendientes moderadas de textura medianamente pesada, localizados

en la zona centro de Veracruz, es conveniente utilizar la fórmula 85-40-0; distribuyendo la mitad del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra, el resto del nitrógeno a los 35 días y 40 kg de nitrógeno/ha adicionales después del primer corte. Se sugiere aplicar los fertilizantes en banda, procurando que queden enterrados a una profundidad de 5 cm abajo de las hileras de la semilla (23).

El INIA en 1967 realizó pruebas de variedades y siembra del sorgo para grano en la Península de Yucatán, en los lotes fertilizados, se aplicó la dosis 40-80-40, colocándose en banda en el fondo del surco y se cubrió con una capa ligera de suelo, depositando después la semilla a chorrillo, la cual se tapó con una capa de suelo de 3 c, de espesor aproximadamente.

Los investigadores concluyeron que es indispensable la fertilización de los suelos para obtener rendimientos comercialmente costeados.

En otros estudios sobre el sorgo forrajero, el método de siembra fue semejante al descrito en el caso de sorgo para grano, excepto que la fertilización se hizo con la dosis 80-80-0 y la población de plantas fue mayor. Se encontró respuesta notoria a la fertilización en algunas áreas de la región, pero en otras no se detectó la respuesta (16).

La adición de nitrógeno amoniacal al fertilizante en el momento de la plantación, tiene efectos benéficos sobre la absorción del fósforo por la planta, una íntima asociación del nitrógeno y fósforo en la banda es esencial.

Grunes citado por Tisdale y Nelson (1982), señala varias razones del efecto del nitrógeno sobre el consumo del fósforo citando que el nitrógeno aumenta el crecimiento de las raíces y la capacidad del forraje para el fósforo, también puede afectar el metabolismo de las plantas y la capacidad de las raíces para absorber el fósforo. También los compuestos nitrogenados pueden tener efectos salinos sobre la solubilidad del fósforo y que la acidez residual puede aumentar la disponibilidad del fósforo (38).

En diferentes partes del país se ha experimentado sobre fertilizantes y los campos experimentales hacen sus recomendaciones en base a los resultados obtenidos. Así por ejemplo: El Campo Agrícola del Bajío (INIA; 1978), recomienda para sorgo de buen temporal, las aplicaciones del tratamiento 120-40-0, para zonas de temporal regular el tratamiento 100-40-00 y para el caso de zonas de temporal deficiente, el tratamiento 80-40-0, aplicando el 25% del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra, posteriormente en la segunda escarda, el resto del nitrógeno. Usando como fuente de nitrógeno al nitrato de amonio o al sulfato de amonio y como fuente de fósforo al superfosforo de calcio simple o triple (21).

El mismo campo de investigación señala que para el cultivo de sorgo de grano bajo riego, es conveniente utilizar el tratamiento 220-40-0, cuando se cultiven híbridos tardíos, para fertilizar los híbridos intermedios utilizar el tratamiento 190-40-0 y para híbridos precoces es recomendable el trata

miento 160-40-0. Aplicando en general la mitad del nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y el resto en la segunda escarda. Los fertilizantes más recomendables son la urea o sulfato de amonio y el superfosforo de calcio simple o bien, el triple (20).

En el Istmo de Tehuantepec, el INIA recomienda para el cultivo de sorgo para grano la fertilización con el tratamiento 120-40-0, aplicando el 30% de nitrógeno y todo el fósforo en la siembra y el 70% de nitrógeno restante a los 35 ó 45 días antes del aporque. La manera de aplicarlo es a chorrito procurando colocarlo a 10 cm a un lado y abajo de la semilla o pie de la planta (19).

En la misma región, pero para el sorgo forrajero, se recomienda utilizar los tratamientos 80-60-00 y 100-60-00 según sea para pastoreo, para darle en verde o ensilaje, aplicándose de 40 a 50% del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra o en el primer cultivo, según sea de riego o temporal y el resto del nitrógeno se fraccionará en partes iguales dependiendo del número de cortes que se le pretendan dar (18).

Muñoz citado por De la Garza (1971) realizó en verano de 1955 en la Cal Grande, Michoacán un experimento de sorgo bajo condiciones de temporal, empleó en este experimento cuatro niveles de nitrógeno (0, 40, 70 y 120 kg/ha), además se aplicó a cada una de las parcelas 40 kg de fósforo/ha. El resultado de este experimento muestra una respuesta favorable

a nitrógeno, ya que los rendimientos más altos correspondieron a los más altos niveles de nitrógeno usados en este experimento, aunque no fueron estadísticamente significativas dichas diferencias. Nelson, citado por el mismo autor, probando diferentes espaciamientos y aplicaciones de nitrógeno con tres variedades de sorgo, obtuvo diferencias significativas en los rendimientos, solo para los niveles de nitrógeno (14).

Sánchez (1974) señala que en 1969 en Río Bravo Tamps., se estudiaron cuatro niveles de nitrógeno (0, 60, 120 y 180 kg/ha) y tres de fósforo. Dichos tratamientos fueron probados en diferentes lugares, debido a que hay gran variación del tipo de respuesta obtenida a través de prácticas de fertilización, ya que se han visto casos de terrenos donde se obtienen hasta 5.5 ton/ha de grano de maíz y sorgo; y otros con el mismo tipo de suelo e idénticas prácticas de fertilización y riego que solo producen 2.5 ton/ha de grano, se observó que en esta zona hay una parte en donde no hay respuesta a la aplicación de los fertilizantes fosfatados y donde si responde a dicha aplicación. Los mayores rendimientos se obtienen aplicando más fósforo que nitrógeno, no siendo rendimientos muy significativos.

López, citado por Sánchez (1974) señala que en 1969 en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía, localizado en Escobedo, N.L. se probaron cuatro niveles de nitrógeno (10, 50, 100, 150 kg/ha) con una de fósforo (40 kg/ha) en una variedad de sorgo forrajero, los resultados del experimento indican

que no hubo respuesta significativa a las aplicaciones de nitrógeno.

Investigaciones realizadas por INIA en el Campo Agrícola Experimental de Chihuahua (CIANE), probaron cuatro niveles de nitrógeno (0-70-140 y 210 kg/ha) cuatro distancias entre plantas (5, 10, 15 y 20 cm) y cinco distancias entre surcos (30, 45, 60, 75 y 90 cm), en sorgo para grano; concluye que la dosis de 140 kg de N/ha, coincide con los resultados determinados por el programa de suelo, en lo que se refiere a la dosis óptima económica para este cultivo, la cual es de 120-140 kg de N/ha.

De la interacción de distancias de surco por dosis de nitrógeno, la mayor combinación fue de 75 cm y 140 kg/ha. En la interacción distancias de plantas por dosis de nitrógeno, 5 cm y 140 kg/ha, resultaron la combinación con 75 cm de distancia entre surco, 140 kg/ha de nitrógeno y 5 cm de distancia entre plantas (17).

Por otra parte, investigaciones realizadas por Camacho Galván, José (1974) fertilizando en el cultivo de sorgo para grano en el municipio de Anáhuac, N.L., encontró diferencias significativas en el rendimiento de grano (6).

En otro estudio realizado por Galicia (1978) observó que los rendimientos en grano mostraron diferencias altamente significativas, obteniendo un mejor rendimiento con la fórmula 120-20-00, dicho experimento lo estableció en el municipio de Escobedo, N.L. (13).

Investigadores del CIAMEC (INIA), en el estado de Zacatecas, recomiendan fertilizar en el sorgo para grano con la dosis de 120-50-00 en suelos de textura arcillosa y de 100-50-00, en suelos de textura ligera, aplicando todo el fósforo y la mitad del nitrógeno en la siembra y el resto del nitrógeno en la escarda.

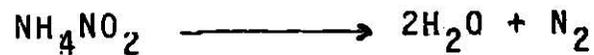
### Mecanismos que Causan Pérdidas de Nitrógeno

Han sido sugeridos tres mecanismos como causa de estas pérdidas: la desnitrificación, reacciones químicas y la volatilización.

La desnitrificación que es la reducción bioquímica de los nitratos bajo condiciones anaerobias. Cuando los suelos se encharcan, el oxígeno es excluido y entonces se implanta la descomposición anaerobia. Algunos organismos anaerobios tienen la capacidad de obtener su oxígeno de los nitratos y de los nitritos, con liberación simultánea de nitrógeno y de óxido nítrico. Son responsables de este mecanismo especies de los géneros *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Achromobacter* y *Bacillus*. La desnitrificación se afecta por el pH del suelo, el nivel de humedad, la presión parcial del oxígeno del aire del suelo y en cierta extensión por la cantidad de materia orgánica presente.

Reacciones químicas. Que implican a los nitritos, bajo condiciones aerobias. La pérdida de nitrógeno gaseoso de sue

los ácidos bien drenados se sugiere continuamente. Una de las reacciones que ocurren para la descomposición de los nitritos es:



Esta es una reacción propuesta para explicar las pérdidas de nitrógeno y de varios óxidos de nitrógeno observadas de los suelos.

La volatilización. Pérdida volátil de amoníaco gaseoso  $\text{NH}_3$  de la superficie de los suelos alcalinos.

Las sales de amonio en un medio acuoso alcalino reaccionan de la siguiente manera:



El gas amoníaco libre escapa. Si las sales fertilizantes conteniendo nitrógeno en forma de amonio, se colocan en la superficie de suelos alcalinos, puede perderse amoníaco libre a causa de esta reacción.

Normalmente, las pérdidas de amoníaco resultantes de la volatilización superficial pueden prevenirse mediante la colocación de materiales nitrogenados, varias pulgadas bajo la superficie del terreno. Estas pérdidas se agraban por temperaturas altas del suelo y rápida evaporación del agua. Las pérdidas de amoníaco precipitado por aplicaciones de urea superficiales ( $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ ), un material fertilizante común, se realizan sin ninguna relación con el pH del suelo, también ocurre

cuando el amoniaco anhidro o soluciones de amoniaco son aplicadas de forma impropia (38).

El nitrógeno nítrico desciende arrastrado por el agua, en oleadas sucesivas, a una velocidad que depende la estructura física del suelo y de la importancia de las precipitaciones. Por lo tanto, debe ser absorbido por las raíces a su paso para que no se pierda en las capas profundas, es lo que se denomina lixiviación o percolación. Las pérdidas de nitrógeno por lavado serán mayores en un suelo desnudo que en otro cubierto (15).

El nitrógeno se pierde en forma de amoniaco en la atmósfera, en forma de nitrato en el agua de drenaje y también es frecuente que se ponga en libertad nitrógeno gaseoso en el suelo por la acción de microorganismos desnitrificadores, cuando el suelo permanece saturado de agua estancada durante un gran período de tiempo.

También aumentan las pérdidas por arrastres producidos por el agua de drenaje y por los escapes a la atmósfera.

Durante la descomposición de cualquier clase de materia orgánica que no haya sido incorporada al suelo, parte de su nitrógeno escapara a la atmósfera en forma de amoniaco. Las pérdidas de amoniaco que sufren las deyecciones líquidas expuestas al aire son muy elevadas (12).

Como no se sabe cuanto nitrógeno asimilable contiene el suelo y cuanto va a liberar o inmovilizar durante el crecimiento, aplicar todo el nitrógeno de una vez no es convenien

te dado que las aplicaciones masivas favorecen las pérdidas la inmovilización (30).

Las pérdidas de nitrógeno son compensadas en parte, por un ciclo de retorno a través de la lluvia que disuelve este gas en la atmósfera y también por las actividades de las bacterias que fijan el nitrógeno. Las pérdidas de elementos minerales son compensadas por una solubilización gradual de las grandes reservas que existen en el suelo y que hasta entonces estaban en formas insolubles (12).

#### Constitución de los Fertilizantes Nitrogenados

Más del 95% de los fertilizantes nitrogenados que se consumen en USA, se obtienen mediante la fijación química del nitrógeno del aire. La disponibilidad de nitrógeno atmosférico es limitada. El nitrógeno es un gas y por lo tanto, siempre se encuentra en los fertilizantes formando parte de una combinación química. Los seis productos nitrogenados más importantes tienen las siguientes constituciones (40):

1. Nitrógeno del aire + Hidrógeno  $\longrightarrow$  Amoníaco anhidrico con 82% de N.
2. Amoníaco  $\text{NH}_3$  + Acido Nitrico  $\longrightarrow$  Nitrato de amonio 32 a 35% de N.
3. Nitrato amónico + Caliza molida  $\longrightarrow$  Nitrato, amonio y calcio 20% N.

4.  $\text{NH}_3$  + Acido sulfúrico  $\longrightarrow$  Sulfato de amonio con 20.5% N
5. Amoniacó  $\text{NH}_3$  + Anhídrido carbónico ( $\text{CO}_2$ )  $\longrightarrow$  Urea 46% N
6. Acido nítrico + Carbonato de sodio  $\longrightarrow$  Nitrato de Sodio  
16% N.

El amoniaco anhidro es un gas licuado que se aplica a la presión desde un depósito instalado en un tractor, se inyecta a una profundidad de 10-20 cm según sea el suelo, donde se forma el complejo absorbente.

El nitrato amónico se emplea para preparar abonos compuestos y abonos líquidos. Absorbe mucha humedad del aire, por lo que no se fabrica en forma cristalina, el uso de este abono, empobrece el suelo en calcio. Si el suelo es calizo, no tiene importancia, pero si es ácido, deben aplicarse al suelo materiales adecuados para evitar las pérdidas. Es un producto muy combustible por lo que se requieren cuidados de conservación.

El nitrato-cal-amon, está compuesto por nitrato amónico y carbono de calcio, se emplea como abono de cobertura, se exparce fácilmente si está muy seco. Cuando hay humedad tiende a endurecerse.

El sulfato de amonio, es el abono clásico de fondo, por que es retenido por la arcilla del suelo, de modo que se evitan las pérdidas por lavado. El azufre que contiene acidifica al suelo, lo que puede ser una ventaja en suelos alcalinos.

La urea, es altamente soluble en el suelo, por la acción

bacteriana, rápidamente se convierte en nitrógeno amoniacal. La urea no transformada no es retenida por el suelo y se puede perder por lavado, como los nitratos; sin embargo, una vez transformada en amoniaco es absorbida por el suelo. El suelo alcalinos o neutros y en época de sequía, se puede perder nitrógeno en forma gaseosa.

El nitrato de sodio es perjudicial para el suelo, por la acción desfloculante del sodio, afecta la estructura del suelo, como el nitrógeno que contiene, esta en forma nítrica es fácilmente absorbida por los vegetales (5).

#### El Fósforo y el Potasio en las Plantas

Al igual que el nitrógeno, el fósforo es un elemento que forma parte de las moléculas muy importantes para la vida de las plantas, pero además es un componente básico de las sustancias de reserva contenidas en las semillas.

Las plantas necesitan fósforo, especialmente en la primera fase de desarrollo, ya que activa el desarrollo de la raíz y favorece el crecimiento. La característica de una deficiencia de fósforo, es el desarrollo de áreas pardas en las hojas y en sus pedúnculos, que pronto se secan, las plantas tienen poco tamaño y crecimiento lento, un exceso de fósforo produce una maduración prematura, lo que disminuye el rendimiento de la planta. Otro lado, es indispensable para el desarrollo de la planta y es decisivo para evitar las pérdidas de agua, pro

porciona un desarrollo firme y resistencia a las heladas y a ciertas enfermedades y contribuye a formación y acumulación de sustancias de reserva. La escasez de potasio causa en los cereales, que las hojas más viejas se amarillen primero en los extremos y luego hacia las partes inferiores. La deficiencia de potasio puede ser producida por un exceso de magnesio un exceso de potasio, causa una baja en la absorción de magnesio.

La fertilización fosfatada, así como la potásica, es mucho más simple que la nitrogenada. En ciertos casos es aconsejable enriquecer el suelo con fósforo, hasta el nivel indicado por los análisis y después de mantener el nivel con abonos de mantenimiento, en una cantidad aproximada o igual a las salidas.

En algunos suelos muy ricos en cal activa o muy ácidos, no se llega a alcanzar el nivel de fósforo asimilable. Las pérdidas por lavado son prácticamente despreciables. Las cifras medias anuales para las pérdidas reales, se sitúa sobre los 50-70 kg/ha de pentóxido de fósforo suministrado al suelo permanece prácticamente inmóvil, por ello es necesario enterrar los abonos profundamente, en la capa de suelo sometida a labores profundas y eventualmente, localizarlo próximo a la semilla.

El potasio, es un mineral que no se pierde por lavado y los abonos potásicos se pueden emplear antes de la siembra. En los suelos ricos en potasio (0-30% o más), puede ser sufi-

ciente un abonado de conservación. En los suelos pobres, los aportes anuales deberán ser equivalente al doble de las perdidas.

En explotaciones comerciales las salidas de potasio son del orden de 200 kg/ha/año. Las plantas más exigentes en potasio son las de escarda, las oleaginosas y los prados superficiales. Los abonos potásicos son como los fosfatados que se aplican antes o al momento de la siembra. El potasio por tener poca difusión lateral y vertical es conveniente que el abono esté bien distribuido en todos los estratos del suelo (5).

Los suelos que derivan de las rocas igneas, contienen normalmente una menor riqueza de potasio, mientras que los que derivan de las calizas, tienden a tener mayor riqueza.

En las regiones de escasa precipitación, donde el riego es condición primordial para el desarrollo de los cultivos, las pérdidas de potasio por lixiviación, son mucho menores que en las regiones húmedas. En realidad, el carbono, el cloruro y el sulfato de potasio, tienden a acumularse en dichos suelos.

La parte del potasio del suelo, más fácilmente asimilable por las plantas, es la que está firmemente ligada a su complejo de cambio. Este consiste principalmente de arcilla y humus con gran superficie por unidad de peso y a la cual tienden a adherirse los cationes.

Las plantas no absorben cationes nutritivos en la misma proporción en que éstos se encuentran presentes en el complejo de cambio del suelo. En las condiciones que se consideran aproximadamente ideales en cuanto a las cantidades de cationes nutritivos en los suelos de las regiones húmedas, se tiene que el 65% de la capacidad de cambio de los cationes del suelo, debería estar ocupada por el calcio, 20% de hidrógeno 10% de magnesio y el 5% de potasio. En este supuesto, la capa arable de un suelo limoso con una capacidad de cambio de 10 miliequivalentes/100 gramos de suelo, contendría 437 kg de potasio cambiante/ha, con esta cifra, todavía se disponía de suficiente potasio para satisfacer las necesidades de casi todos los cultivos y dar buenos rendimientos por hectárea (12).

Cuando el fertilizante está desparramado y mezclado con todo el suelo, la posibilidad de que una planta en etapa de germinación encuentre un gránulo, es muy pequeña, a menos que se apliquen dosis muy altas, lo más apropiado es aplicar el fertilizante en banda (30).

Cuando se aplica un fosfato inorgánico soluble a un suelo, pasa casi inmediatamente a adquirir una forma insoluble. El resultado es que la proporción de su fósforo que queda disponible para ser utilizado por las plantas es muy reducida. Esta pérdida de solubilidad, denominada fijación, puede ser debida a la precipitación en forma de fosfatos, de calcio de hierro o de aluminio, dependiendo de que el suelo tenga una

reacción alcalina, neutra o ácida.

Para evitar el problema de la fijación, es conveniente aplicar el fertilizante en banda, así parte del fosfato no queda en contacto directo con el suelo y la parte del suelo que tiene contacto con el fosforo quedaría saturada que ya disminuye la fijación. Otro método consiste en utilizar fosfatos granulados, así el núcleo interno de los gránulos no estaría en contacto directo con el suelo.

El problema de la fijación es más grave en suelos ácidos que en los alcalinos, ya que se tiene un efecto de reducción del grado de solubilidad del hierro y el aluminio del suelo, así de esta manera los fosfatos se combinan con el calcio y forma fosfato de calcio, que es una forma más soluble que los fosfatos de aluminio o hierro (12).

Las principales fuentes de fósforo son el superfosfato  $P_2O_5$  asimilable y el superfosfato concentrado.

El superfosfato  $P_2O_5$  asimilable, es obtenido mediante la mezcla de fosfato cálcico natural y ácido sulfúrico. Su presentación es grano o en polvo con una variación del 16 al 20% de  $P_2O_5$ .

El superfosfato concentrado, es obtenido con la mezcla de fosfato cálcico natural y ácido fosfórico, su concentración varía del 40 al 48% de  $P_2O_5$  (40).

Estudios de Papadakis (1946) demostraron que la aplicación total del fosforo en la siembra, tiene casi el doble de

respuesta, comparado cuando se aplica seis meses antes de la siembra (30).

La producción continua de cosechas en los suelos, sin la adición de nitrógeno, fósforo y azufre suplementario, dará como resultado la mineralización de estos elementos y su subsiguiente agotamiento en tales suelos.

Investigadores de Colorado, después de una serie de estudios, dedujeron que en una solución dada de suelo, la actividad fosfato de la solución del suelo, aumenta con adiciones de fosfato monocálcico, además que para alcanzar un nivel dado de actividad fosfato en suelos de textura fina, se requirieron adiciones mayores de superfosfato, que las que fueron necesarias para alcanzar la misma actividad en suelos de textura gruesa.

Sobre la base de investigaciones experimentales se tiene que: en suelos neutros y ácidos son más eficientes los fertilizantes granulares con alto grado de hidrosolubilidad, que los fertilizantes pulverizados. Y la aplicación en banda de fertilizantes pulverizados con alto grado de hidrosolubilidad dará mejores resultados que la mezcla de fertilizantes con el suelo.

Para lograr las máximas cosechas en cultivo de ciclo corto, crecimiento rápido y raíces cortas, generalmente requieren un fertilizante que contenga una alta proporción de fósforo hidrosoluble.

La evidencia experimental demuestra que en suelos calca<sup>reos</sup> se obtiene mejores efectos con productos pulverizados mezclados completamente con el suelo, aún así los fosfatos granulados altamente hidrosolubles, darán generalmente mejores resultados (38).

En el Bajío, el INIA recomienda para zonas de cultivo de sorgo bajo temporal, utilizar el tratamiento de 40 kg de fósforo/ha, aplicando en la siembra todo el elemento y utilizando como fuente al superfosfato triple de calcio, o bien, simple de calcio. No recomienda la aplicación de potasio (21).

En el Istmo de Tehuantepec, se recomienda aplicar la misma dosis que para el Bajío. Todo el fósforo en la siembra, aplicándolo a chorrillo a 10 cm a un lado y abajo de la semilla. Tampoco se recomienda, al igual que para el Bajío la no aplicación de potasio (19).

En sorgo forrajero, el INIA recomienda 60 kg de fósforo y nada de potasio para la región del Istmo. Aplicando todo el fertilizante en la siembra o en el primer cultivo (18).

En 1969 en Río Bravo, Tamps. Sánchez Serna (1974) cita que en esta zona hay una parte en donde no hay respuesta a la aplicación de fertilizantes fosfatados, En los terrenos localizados fuera de la zona de respuesta a fósforo, es posible obtener 5 ton/ha de grano con aplicación de 60 y 120 kg de nitrógeno/ha.

## Colocación de los Fertilizantes en el Suelo

La colocación en líneas a un lado de la semilla, bajo este método el fertilizante no está en contacto con la semilla se puede aplicar sin riesgo mayor cantidad de abono que cuando se distribuye éste en contacto directo con la semilla. La faja del fertilizante puede estar a uno o ambos lados de las líneas de plantas o al igual, mayor o menor nivel que ellas. Para muchas cosechas, lo más ventajoso es colocar el fertilizante a una distancia de 2.5 a 5 cm de la semilla lateralmente y a una distancia igual o por debajo del nivel de la semilla.

Las raíces de la plántula se ponen en contacto con el fertilizante, dos o tres días después de haber germinado la semilla. Las investigaciones realizadas, demuestran que se obtienen los mismos resultados con una sola faja de fertilizante a un lado de las líneas de plantas que con dos fajas, una a cada lado. Colocar en el fondo de la capa removida por el arado, para colocar el fertilizante de este modo hay que ponerlo en tolvas montadas sobre el arado. El abono se distribuye a través de tubos y queda en fajas sobre la parte del suelo no removida. Colocado de este modo, el fertilizante no daña a la semilla, la fijación del fósforo se reduce al mínimo, pues no se mezcla el abono con el suelo. En épocas de sequía moderada, el fertilizante colocado puede ser aprovechado por las plantas, mientras que aplicado en las mismas líneas de siembra se encuentra en un medio seco en que las raíces

ces están inactivas (40).

Equipos especiales colocan las bandas de fertilizantes de dos a tres pulgadas por el lado y de una a tres pulgadas por debajo de la semilla o del trasplante.

Lauuton y otros citados por Tisdale y Nelson (1982) midieron el efecto de la colocación del fertilizante en trigo, sobre el porcentaje de germinación de la semilla, encontraron que la distribución 1.5" de profundidad y al lado de la semilla, dió una diferencia en plantas de trigo crecidas bajo condiciones de invernadero. En contraste con la distribución del fertilizante puesto en contacto directo con la semilla.

E.R. Collins, citado por Tisdale y Nelson (1982) en 1938 realizó estudios similares pero en el cultivo del algodón, en contando que hay diferencias muy altas en el efecto de la colocación del fertilizante sobre la distribución en el herbaje; sus resultados demostraron que la distribución en banda lateral y abajo de la semilla, evita las pérdivas de plantas, ya que al colocar el fertilizante en contacto directo con la semilla, propicia la obtención de una baja densidad de población. Inclusive se demostró que colocando el fertilizante a 3" por debajo de la semilla, se obtienen las mejores densidades de población.

Resultados de experimentos con patatas, mostraron que cuando el fertilizante fue mezclado en el surco con las semillas, se obtuvo una producción 10 veces menor, en comparación

con la obtenida al colocar el fertilizante 2" al lado y por debajo de la semilla.

Un conocimiento de los primeros hábitos radiculares de los cultivos, es útil para determinar el método más satisfactorio de la colocación del fertilizante. Si una raíz de penetración vigorosa se produce tempranamente, las aplicaciones del fertilizante deben ser directamente bajo las semillas. Si se forman primeramente muchas raíces laterales, lo mejor será una colocación lateral. Si se conocen los hábitos radiculares durante el período de crecimiento rápido, sería posible determinar la colocación más eficaz del fertilizante a utilizar por la planta durante este período de crecimiento (38).

#### Efecto de los Fertilizantes sobre la Composición de las Plantas

Una fertilización intensa en la superficie del suelo y un manejo apropiado, son importantes para estimular la penetración en profundidad de las raíces. La concentración de nutrientes en zonas localizadas de suelos no fértiles, tiende a estimular la concentración de las raíces en esta zona.

La proliferación de las raíces en la banda fertilizante, está relacionada con la aparición de grandes concentraciones de nitrógeno y fósforo en las células, las cuales aceleran su división y elongación, esto favorece la ramificación y se acompaña por un aumento de los reguladores del crecimiento,

denominados como auxinas. Las plantas absorben los nutrientes solamente de aquellas áreas generales en el suelo en las que las raíces son activas. Es tan bien conocido que las plantas no pueden absorber nutrientes de una zona seca (38).

La composición general de una cosecha es sorprendentemente constante, bajo las más variadas condiciones de climas, suelos y aplicaciones de fertilizantes. Una gran fertilidad del suelo, comparada con una baja fertilidad, incluye mucho en el rendimiento del cultivo que en su composición química. Es dudoso que convenga fertilizar un suelo con la finalidad específica de aumentar el valor nutritivo de un tipo determinado de planta individual, el programa de fertilización debe planearse con el fin de producir las cosechas con mayor eficacia y economía. Esto dará en general buenos alimentos para el ganado. Si este necesita algún complemento general, debe comprarse y suministrarse directamente, esto resultará más barato que tratar de agregarlo al suelo.

Supongamos una pradera formada exclusivamente por gramíneas si se aplica un abono nitrógenado al principio de la primavera, será fácil duplicar el rendimiento, pero el contenido de nitrógeno en las proteínas, diferirá muy poco de la parte del campo que no se haya fertilizado.

El único modo de lograr un gran aumento de nitrógeno en la planta, es retrasar la aplicación del abono hasta una o dos semanas antes de la recolección. Entonces, se logrará una mayor riqueza en nitrógeno, pero no un aumento en el rendi-

miento.

La composición de las semillas es más aún constante que la de las plantas en conjunto. Es probable que lo más que se pueda aumentar el contenido de proteína de los granos a través de los fertilizantes, sea de un 20 a 25% (40).

### Sintomatología y Análisis Foliar

Algunos investigadores han señalado que un diagnóstico de las deficiencias de un cultivo son medibles mediante la apariencia presentada por el mismo. Se ha establecido que para el sorgo de grano, una falta de nitrógeno provoca la aparición de un color pálido en la hoja de la planta establecida a floración y con manchas localizadas. Una deficiencia de potasio origina la existencia del margen amarillo o muerto y la deficiencia de fósforo se diagnostica al observar la hoja de la parte apical muerta o rojiza. Además que el amarillamiento entre las venas de la hoja es propiciado por deficiencias de microelementos como el fierro, magnesio y manganeso. Finalmente, señalan que la deficiencia de azufre es detectada al aparecer franjas blanquesinas a lo largo de la vena de la hoja (11).

Criterios sintomatológicos más rigurosas, para la detección del elemento deficiente, determinan que la señal de hambre en los cultivos básicos que pertenecen a las gramíneas, está dada por las siguientes manifestaciones: la señal de ham

bre de nitrógeno es la presencia de un amarillez que comienza en la punta y prosigue a lo largo de la vena central de la hoja, la escasez de fosfato deja una marca púrpura rojiza en las hojas, particularmente se observan en las plantas jóvenes. La deficiencia de potasio aparece como si las hojas más bajas se secaran o quemaran en las puntas y a lo largo de las orillas. Una deficiencia de magnesio provoca la aparición de franjas blanquesinas a lo largo de las venas y amenudo, se observa un color purpureo que aparece en el envés de las hojas inferiores (28).

Los síntomas de deficiencia en los cultivos no son siempre evidentes y por lo tanto, el análisis foliar puede permitir entonces la obtención de indicaciones complementarias muy útiles al poner en evidencia la presencia de un factor limitante. Por lo tanto, es conveniente tener una tabla que indique los contenidos normales de las hojas en N, P, K, Ca y Mg tales cifras pueden servir de guía para la determinación de aplicaciones de los fertilizantes (4).

Un método apto para la evaluación de la capacidad productiva de una especie, que se base en la relación entre composición química de los tejidos y la producción, sería de gran valor práctico en la determinación de las necesidades de abono de un cultivo (25).

Los análisis de hojas y las pruebas de suelo son algunas de las técnicas pertinentes al relacionar un nivel de nutrien

te en el suelo con el crecimiento. Los agrónomos y los pedólogos establecen dos hipótesis: que el nutriente actúa esencialmente como una variable independiente y que alguna cantidad medida del nivel del suelo expresará el factor ritmo para ese nutriente dado.

Se usan análisis de plantas en el campo para determinar la concentración del elemento en ciertos órganos de la planta. En el supuesto de que ello proporciona información sobre la situación nutricional del suelo antes del momento del muestreo, esto quiere decir que los análisis de las plantas se pueden utilizar en forma efectiva para suplementar los análisis de los suelos (3).

Los ensayos químicos sobre las plantas verdes que se encuentran en el campo, son útiles en el diagnóstico de los problemas nutricionales. Los exámenes de tejidos presentan diversas utilidades, tales como:

1. Descubrir el hambre oculta
2. Poner de relieve la necesidad de los análisis del suelo
3. Verificar los síntomas de deficiencia que se observan
4. Determinar la suficiencia de algún nutrimento
5. Servir como guía para la fertilización entre temporadas de varios cultivos.

Las muestras de la planta (gramíneas) a elegir para análisis, pueden determinarse de la siguiente forma. Las pruebas para potasa se hacen en los tejidos de la base de las hojas, las acumulaciones de hierro en los tejidos de los nudos. Los

exámenes de nitratos se efectúan en los entrenudos y los análisis de fosfato se hacen sobre el tejido del tallo que se encuentra precisamente abajo de las inflorescencias.

Debe recordarse que la provisión de nutrimento es solo uno de los factores que restringen el desarrollo de la planta (28).

El análisis de tejido vegetal ha hecho posible calcular las cantidades de nutrimentos extraídos de una determinada superficie del suelo después de haber cosechado; por lo tanto, el análisis foliar es un método indirecto de analizar el suelo (12).

Los objetivos primarios de los análisis de las hojas de las gramíneas, incluyen el establecimiento de concentraciones críticas de nutrientes, arriba de los cuales no se esperan aumentos posteriores en la recolección y el establecimiento de concentración de nutrientes asociados con la recolección más remuneradora. Si estos objetivos son logrados, los análisis de la planta pueden ser útiles para determinar los requerimientos de la fertilidad. La interpretación de los análisis de la hoja, deberán incluir consideraciones del suelo y factores climáticos (39).

El Departamento de Agricultura de E.U.A., determinó que el sorgo para grano contiene en la paja aproximadamente 95 kg de nitrógeno, 28 kg de fósforo y 140 kg de potasio por hectárea y en el grano se tiene una media en su contenido de 73 kg

de potasio, 39 kg de fósforo y 22 kg de potasio por hectárea. Estos elementos son sustraídos por el cultivo y varían en función de las variedades, tipo de suelo y estación (9).

Leal Barroso, citado por Gonzalo de la Garza (1971), en contró que los análisis de proteínas en el grano reportaron que tenía relación aparente con los niveles de nitrógeno pro bados, ya que a las parcelas a las que se les agregaron 120 kg de nitrógeno por hectárea dieron una riqueza menor o igual en proteína con respecto a aquellas parcelas en las que las cantidades de nitrógeno aplicado fueron menores.

Algunos autores señalan que el sorgo para grano contiene aproximadamente 12% de proteínas, 3% de grasas y 70% de carbo hidratos en el grano (2).

Las plantas son muy sensibles al fósforo cuando son muy jóvenes, pero esta sensibilidad disminuye rápidamente con la edad. En un reciente experimento el nivel crítico de fósforo bajo de 0.61% a 0.11% con la edad de la planta, es decir, 5.5 veces; después de los 120 días este descenso dejó de ser significativo, los niveles críticos en la hoja de gramíneas. específicamente en sorgo, varió de 2 a 2.5% de N (30).

## MATERIALES Y METODOS

Este experimento se llevó a cabo en el Campo Experimental de la F.A.U.A.N.L., situado en el municipio de Marín, N. L., cuyas coordenadas geográficas son de 25°23' Latitud Norte y 100°03' Longitud Oeste del meridiano de Greenwich y su altitud es de 367.3 msnm.

Se utilizó el híbrido semitardío de cruza simple ASGROW TOPAZ, cuyo ciclo vegetativo varía de 105 a 130 días a la cosecha, resistente al acame e ideal para las principales zonas sorqueras del norte de México, además es apto para siembras de riego y buen temporal.

El híbrido elegido en este estudio fue seleccionado con fundamento en estudios realizados por Salas Maldonado (1977) en los cuales fueron evaluados 56 híbridos comerciales de sorgo para grano, siendo que dentro de los ocho híbridos mejores, está el ASGROW TOPAZ, con un rendimiento promedio de 6,056.76 kg de grano/ha.

El experimento se estableció en un suelo de textura arcillo-limoso, en los cuales anteriormente se había cultivado con trigo y posterior a su cosecha se aplicó gallinaza como abono para el suelo.

Se realizó un muestreo del área experimental en zig-zag con el objetivo de hacer un análisis de las propiedades físico-químicas, por lo que se obtuvieron dos muestras representativas, una de suelo (0-30 cm) y otra de subsuelo (30-60 cm).

El análisis de suelo se realizó en el Laboratorio de Suelos de la FAUANL, los resultados se presentan en la Tabla 1.

El color del suelo se determinó mediante la escala de Munsell. El pH con un potenciómetro, usando una relación de suelo y agua de 1:2. La textura se determinó por el método del hidrómetro de Bouyoucos. La materia orgánica se determinó por el Método de Walkley y Black. El Nitrógeno total se determinó por el método de Kjeldahl. El Fósforo aprovechable por el método de Olsen. El Potasio aprovechable se determinó por el método de Peech y English. Las sales solubles por el método del puente Wheatstone. La capacidad de campo se determinó por el método de la olla de presión y el punto de marchitez permanente por el método de Membrana de la presión.

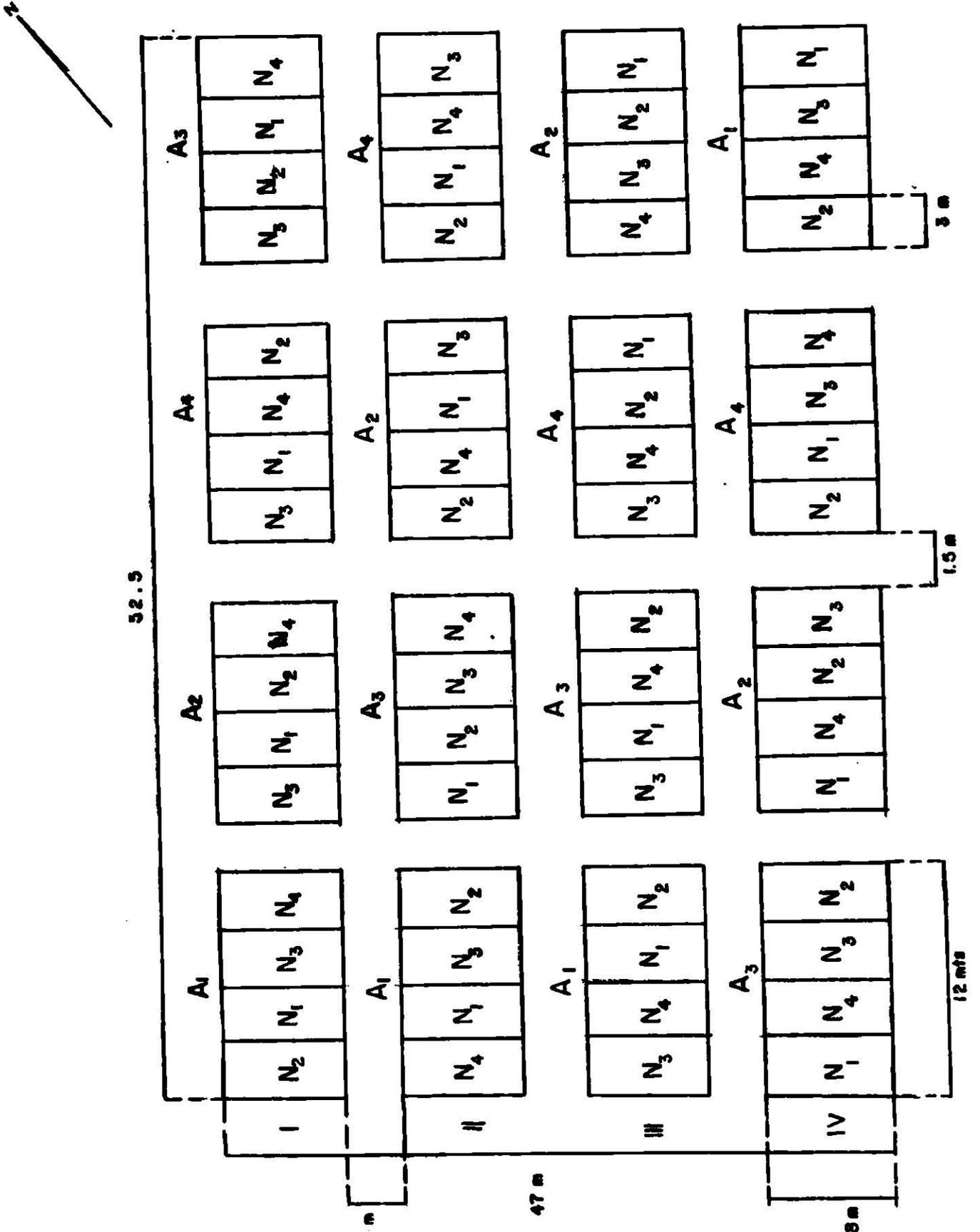
El experimento se estableció bajo un diseño en bloques al azar, con un arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones. En la parcela grande se asignó aleatoriamente los niveles de abatimiento del agua aprovechable (20, 40, 60, 80%) y en las parcelas chicas se distribuyeron bajo un sorteo aleatorio, los niveles de fertilización nitrogenada (0, 50, 100, 150 kg de N/ha). El croquis del experimento, así como la distribución de los tratamientos se presentan en la Figura 1.

El diseño experimental quedó definido de la siguiente manera: La parcela grande constó de cuatro parcelas chicas, cada una de éstas se estableció con cuatro surcos de 8 m de longitud por 0.72 m de ancho y la parcela útil de cada parce

Tabla 1. Resultados del análisis del suelo donde se realizó el estudio experimental en sorgo para grano, durante el ciclo Primavera 1981. Marín, N.L.

Determinación	Suelo (0-30 cm)		Subsuelo (30-60 cm)	
	Valor	Clasificación agronómica	Valor	Clasificación agronómica
Color	Seco Húmedo	Gris Gris muy oscuro Ligeramente alcalino	Seco Húmedo	Café pálido Café
pH	7.8		7.9	Moderadamente alcalino
Textura (%)				
Arena	16	Arcillo-limoso	16	Arcilloso
Limo	42		40	
Arcilla	42		44	
Materia orgánica (%)	3.4	Rico	1.9	Mediano
Nitrógeno total (%)	0.17	Mediano	0.08	Pobre
Fósforo Aprov (ppm)	3.8	Bajo	3.9	Bajo
Potasio aprov. (kg/ha)	64	Extremadamente pobre	41	Extremadamente pobre
Salas solubles (mmhos/cm a 25°C)	3.2	Ligeramente salino	1.8	No salino
C.C. (% humedad)	26.9		35.9	
P.M.P. (% humedad)	14.2		16.2	

FIG. 1.- DIMENSIONES DE LAS PARCELAS Y DISTRIBUCION DE LOS TRATAMIENTOS EN EL EXPERIMENTO EN SORGO PARA GRANO EN MARIN. N.L. 1991



la chica constó de los dos surcos centrales, pero con una longitud de 6 m, eliminando los surcos de la orilla y 1 m de cada extremo de los surcos.

En la parcela útil solamente se colectaron 30 panojas para la medición del rendimiento en grano, debido a que hubo efectos considerables en el ataque de la mosquita de la panoja (Catarinia sorghicola), por lo que se eligieron dichas panojas que no estuvieran afectadas y con competencia completa.

Entre cada parcela grande y entre repeticiones, se dió la suficiente distancia para evitar el efecto entre niveles de abatimiento, ocupándose una área total experimental de 2,467.5 m<sup>2</sup>.

La profundidad de siembra fue aproximadamente de 5 cm. La densidad de siembra fue de 12 kg/ha, con la cual se obtuvo una densidad de población aproximada de 250,000 plantas por hectárea.

Los tratamientos probados se presentan en la Tabla 2.

Los niveles A<sub>1</sub>, A<sub>2</sub>, A<sub>3</sub>, A<sub>4</sub> que representan el abatimiento del agua aprovechable del suelo que corresponde al 20, 40, 60 y 80% respectivamente. Estos niveles se distribuyeron al azar en cada repetición en las parcelas grandes. Los niveles N<sub>1</sub>, N<sub>2</sub>, N<sub>3</sub>, N<sub>4</sub> de fertilización nitrógenada, corresponde a 0, 50, 100 y 150 kg de N/ha respectivamente, los cuales se distribuyeron aleatoriamente en las parcelas chicas de cada parcela grande.

Tabla 2. Tratamientos aplicados en el experimento de sorgo para grano, ciclo Primavera 1981. Marín, N.L.

No.	Tratamientos	% de Abatimiento (Ai)	N P K (kg/ha) (Ni)
1	A <sub>1</sub> N <sub>1</sub>	20	0 - 50 - 0
2	A <sub>1</sub> N <sub>2</sub>	20	50 - 50 - 0
3	A <sub>1</sub> N <sub>3</sub>	20	100 - 50 - 0
4	A <sub>1</sub> N <sub>4</sub>	20	150 - 50 - 0
5	A <sub>2</sub> N <sub>1</sub>	40	0 - 50 - 0
6	A <sub>2</sub> N <sub>2</sub>	40	50 - 50 - 0
7	A <sub>2</sub> N <sub>3</sub>	40	100 - 50 - 0
8	A <sub>2</sub> N <sub>4</sub>	40	150 - 50 - 0
9	A <sub>3</sub> N <sub>1</sub>	60	0 - 50 - 0
10	A <sub>3</sub> N <sub>2</sub>	60	50 - 50 - 0
11	A <sub>3</sub> N <sub>3</sub>	60	100 - 50 - 0
12	A <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	60	150 - 50 - 0
13	A <sub>4</sub> N <sub>1</sub>	80	0 - 50 - 0
14	A <sub>4</sub> N <sub>2</sub>	80	50 - 50 - 0
15	A <sub>4</sub> N <sub>3</sub>	80	100 - 50 - 0
16	A <sub>4</sub> N <sub>4</sub>	80	150 - 50 - 0

Debido a las precipitaciones continuas ocurridas durante el ciclo de estudio, no fue posible aplicar los niveles de abatimiento del agua aprovechable, por lo que la investigación continuo solamente enfocada hacia el estudio de fertilización nitrogenada.

Para el tratamiento de Nitrógeno, se utilizó como fuente el Nitrato de Amonio (33.5% de Nitrógeno) y el Superfosfato de Calcio simple (20%  $P_2O_5$ ) como fuente de Fósforo, aplicándose en cantidades constantes para todos los niveles de Nitrógeno; esto con el fin de satisfacer las demandas del cultivo dadas las deficiencias de este elemento registradas por el análisis de la muestra de suelo.

Dentro del área experimental se instaló un pluviómetro con el fin de registrar la precipitación pluvial ocurrida desde la preparación de la tierra, hasta la cosecha. La Figura 2 muestra el comportamiento de este parámetro durante el ciclo del cultivo.

En la Estación Meteorológica del Campo Experimental de la FAUANL, se hizo un registro de la temperatura y evaporación ocurrida durante el periodo del cultivo. Los datos registrados en la estación se presentan en las Figuras 3 y 4.

También se hizo el cálculo del uso consuntivo del sorgo para grano en la región de Marín, N.L., se utilizó el método de Blanney-Criddle, el cual plantea el siguiente modelo:

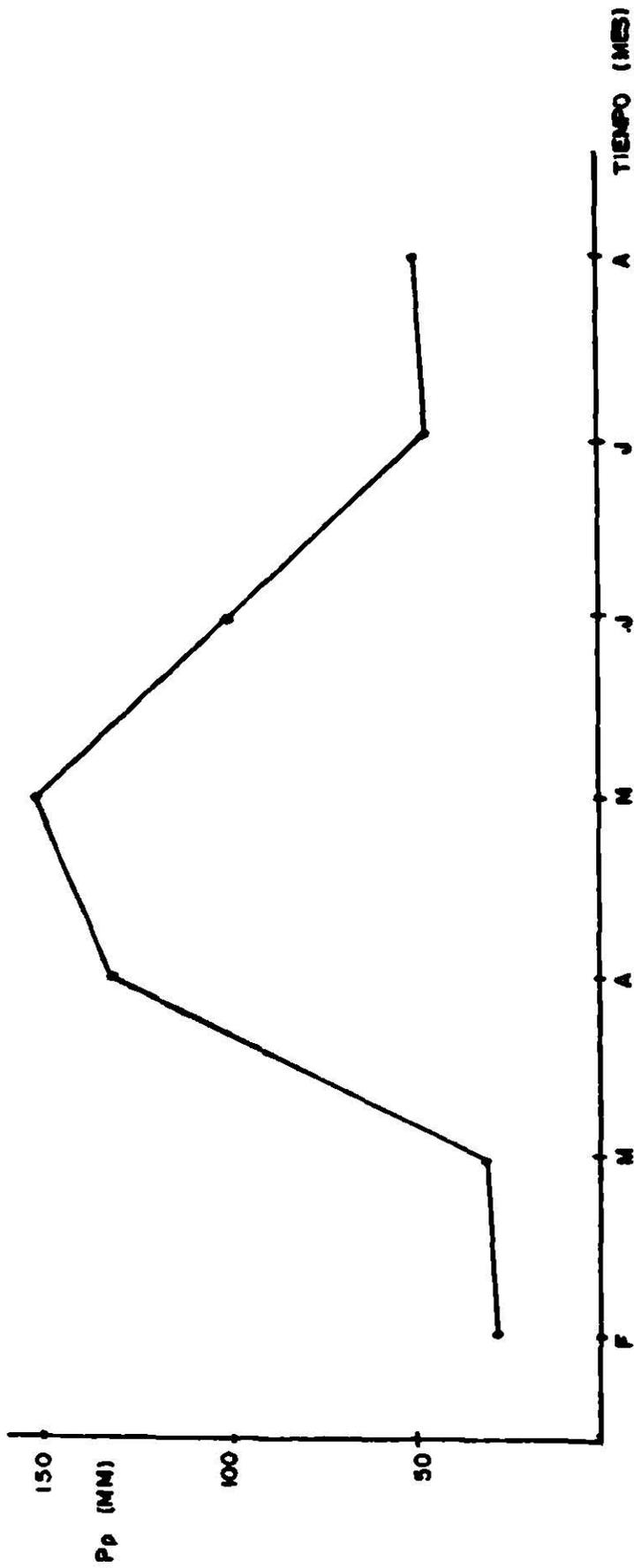


FIG. 2.— DISTRIBUCION DE LA PRECIPITACION TOTAL MENSUAL, OCURRIDA DE FEBRERO A AGOSTO EN LA REGION DE MARIN, N.L. 1961

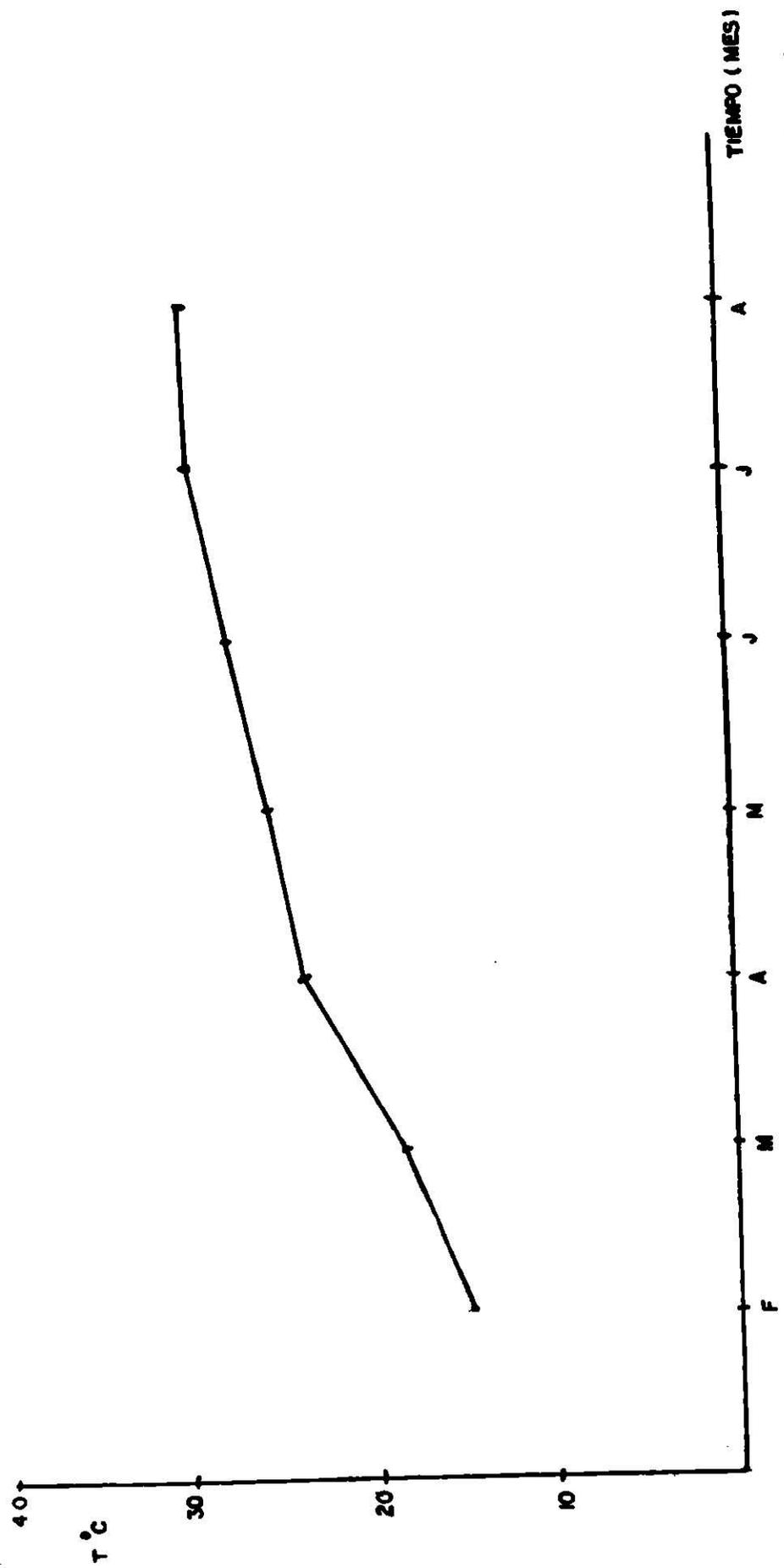


FIG. 3.— DISTRIBUCION DE LA TEMPERATURA PROMEDIO MENSUAL OCURRIDA DE FEBRERO A AGOSTO EN LA REGION DE MARIN, N.L. 1981

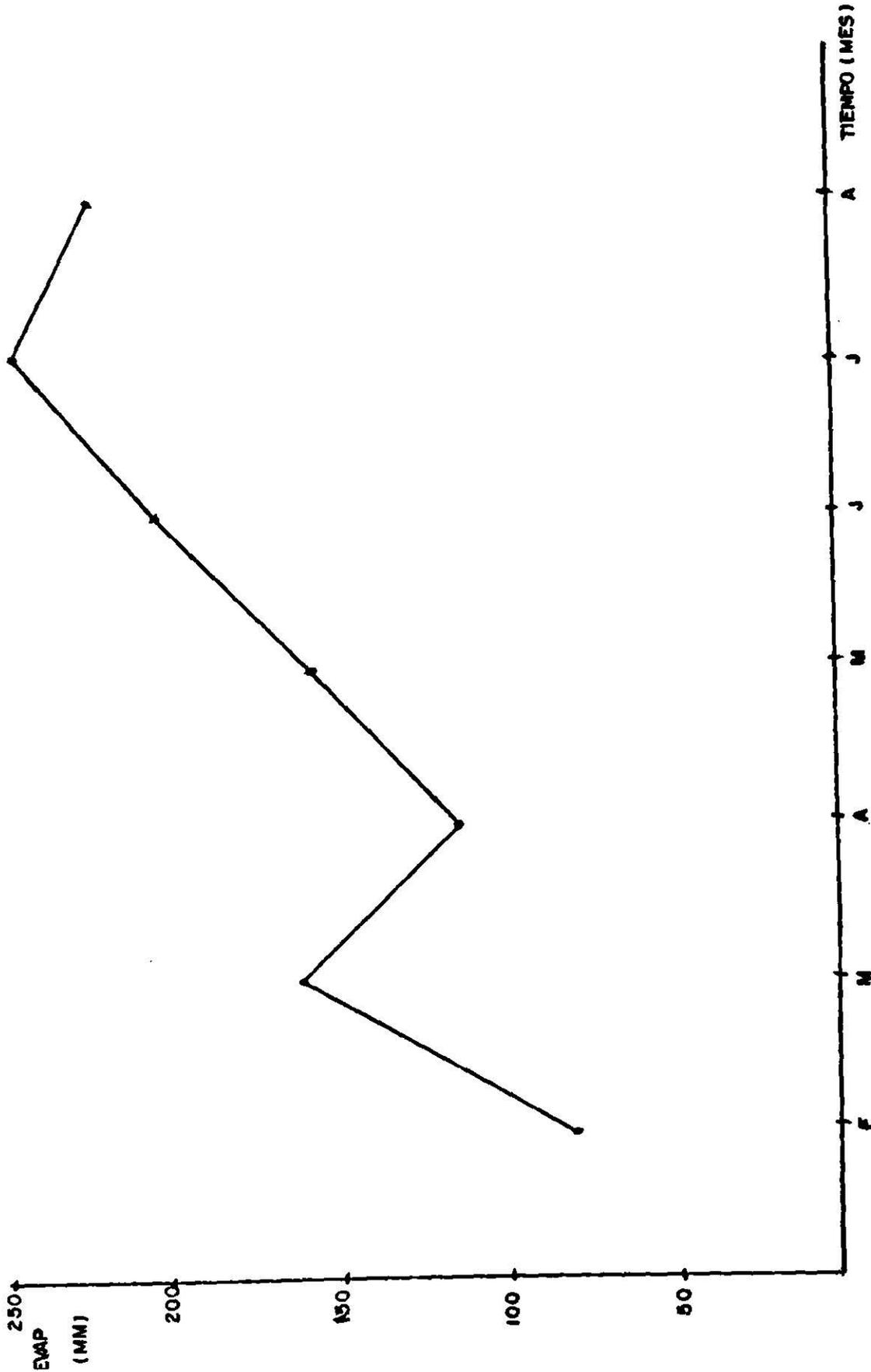


FIG 4. — DISTRIBUCION DE LA EVAPORACION TOTAL MENSUAL. OCURRIDA DE FEBRERO A AGOSTO EN LA REGION DE MARIN. N.L 1981

$$U.C. = Kc \ P \ \frac{T + 17.8}{21.8}$$

Donde:

P = Porcentaje de horas luz para cada mes

T = Temperatura en grados centígrados de cada mes (media)

Kc = Es el coeficiente de desarrollo del cultivo en base al porcentaje de desarrollo del mismo.

U.C. = Necesidades hídricas del cultivo (evapotranspiración en cm).

Así, de esta manera se obtuvo la Tabla 3 para las necesidades hídricas durante el ciclo del cultivo de sorgo para grano en la región de Marín, N.L.

Posteriormente se hizo un calendario de riegos para el cultivo, en base a las necesidades y a las etapas críticas del cultivo, así se muestra en la Tabla 4.

El trabajo de campo se inició con la preparación del suelo, dando el barbecho, paso de rastra y cruza. Posteriormente, el 18 de Marzo de 1981, se llevó a efecto el trazo de riego en el terreno y luego se diseñaron los bloques y regaderas del experimento.

Del 21 al 24 de Marzo de 1981, se efectuó un riego de presembrado, aplicando una lámina de 10 cm acorde al calendario según la Tabla 4. Para este trabajo se utilizaron sifones de 1 1/2". Para la aplicación correcta de la lámina de riego, se consideró el tiempo de aplicación y gasto del sifón y para mayor facilidad se usó una tabla, en la cual se obtenía dirección

Tabla 3. Uso consuntivo para el cultivo de sorgo de grano en la región de Marín, N.L. 1981.

% de Desarrollo	Días del Ciclo	U.C. (cm)	Etapa Crítica
20	36	10.65	Vegetativa
50	60	23.71	Amacolle
70	84	15.73	Floración
100	120	10.41	Llenado
T o t a l :		60.5	

Tabla 4. Calendario de riego para el cultivo de sorgo de grano, ciclo Primavera 1981. Marín, N.L.

Etapa Crítica	Fecha	Lámina de riego (cm)
Crecimiento vegetativo	23-III-81	10
Amacolle	25-V-81	24
Inicio de floración	25-VI-81	16
Llenado de grano	25-VI-81	10
Total: -		60

tamente el gasto del sifón acorde a la altura del mismo con respecto a la altura del espejo del agua.

El 26 de Marzo se hizo un muestreo del suelo, obteniéndose por el método gravimétrico el porcentaje de humedad del suelo, encontrándose una media de aproximadamente 25% de humedad y un 18% de abatimiento del agua aprovechable en el suelo.

Del 27 al 28 de Marzo de 1981, se llevó a cabo la siembra y fertilización. Se hizo un ajuste en la densidad de siembra para obtener la densidad de población requerida. La siembra se realizó en forma manual y en banda, en el lomo del surco e igualmente el fertilizante, pero 5 cm a un lado de la semilla y a 5 cm de profundidad.

Se aplicaron los tratamientos de fertilización nitrogenada en las parcelas chicas, aplicándose la mitad del Nitrógeno y todo el Fósforo. Los tratamientos aplicados fueron 0-50-0, 25-50-0, 50-50-0 y 75-50-0.

La emergencia ocurrió de cuatro a cinco días después de la siembra, observándose una uniformidad en todos los bloques del experimento. El 8 de Abril se detectó ataque de trips (Selenothrips rubrocinctus) y pulgones (Toxoptera aurantii) en el cogollo de las plántulas, por lo que se realizaron aplicaciones de Parathión Metílico bajo una dosis de un litro/ha en 400 litros de agua.

Los días 24 y 25 de Abril se efectuó un control manual de malezas, se observó mayor población del género Amaranthus.

A los 27 días de emergencia se detectaron nuevamente ataques intensivos de pulgón (Toxoptera aurantii), por lo que se realizó aplicaciones de Parathión Metílico a razón de un litro/ha.

El 6 de Mayo de 1981, se midió el porcentaje de abatimiento del agua aprovechable en el suelo, debido a las continuas precipitaciones inesperadas ocurridas, causó que hasta esta fecha se hiciera el muestreo. Se encontró un 27% de humedad, es decir, a más de la capacidad de campo por lo que el abatimiento del agua aprovechable no había llegado al primer nivel de abatimiento. El método para medir al abatimiento fue de la siguiente manera:

Se utilizó el método gravimétrico para estimar el porcentaje de humedad del suelo y con los parámetros de CC y PM se procedió a utilizar las fórmulas:

$$\% H = \frac{P.S.H. - P.S.S.}{P.S.S.} \times 100 \quad (1)$$

$$\% A = \frac{(C.C. - \% H) (100)}{\% H (Aprov.)} \quad (2)$$

Donde:

- %H = Es el porcentaje de humedad de la muestra
- P.S.H. = Peso del suelo húmedo (g)
- P.S.S. = Peso del suelo seco (g)
- %A = Porcentaje de abatimiento del agua aprovechable
- C.C. = Capacidad de campo (%)
- P.M.P. = Punto de marchitez permanente (%)
- H(Aprov.) = Porcentaje de humedad aprovechable, calculada por diferencia de C.C. y P.M.P.

De acuerdo a la muestra de suelo obtenida y a los modelos de estimación, se construyó la Tabla 5 para facilitar o determinar con mayor rapidez el momento del riego.

Del modelo (2) tenemos que para determinar el nivel de abatimiento, el contenido de humedad del suelo debe ser:

$$\% H = \frac{100 \text{ C.C.} - \% \text{ A.H. (Aprox.)}}{100}$$

Tabla 5. Relación del porcentaje de humedad con el nivel de abatimiento del agua aprovechable para el área experimental. Marín, N.L. 1981.

% Abatimiento	% Humedad (suelo)	% Humedad (sub-suelo)
20	24.36	31.96
40	21.82	28.02
60	19.28	24.08
80	16.74	20.14

Durante la etapa de embuchamiento (10 de Mayo, 1981), ocurrió una granizada que afectó a toda el área experimental causando daños ligeras a la planta, ya que los desgarres transversales por planta, siendo los demás de tipo longitudinal y también se observó que los daños a la zona de embuchamiento fueron mínimos.

El 18 de Mayo se muestreo el suelo de las parcelas grandes correspondientes al 20% de abatimiento asignado, estimándose en un 24.7% de humedad en el suelo, el cual no ha disminuido debido a las precipitaciones ocurridas hasta el día del

muestreo y por lo tanto, no se inició. También se realizó el aporque del cultivo, mediante arado de tiro.

A los 52 días de la siembra, aparecieron ataques de gsano cogollero, por lo que se realizaron aplicaciones de Dip terez al 2.5% granulado, a razón de 24 kg/ha, al siguiente día se hicieron aplicaciones de Kelatex bajo una dosis de 500 g en 400 lt de agua para corregir deficiencias férricas localizadas en el experimento.

El 23 de Mayo, es decir, a los 57 días de cultivo, se aplicó el resto del Nitrógeno a las parcelas chicas correspondientes. Así, se dió por terminada la aplicación de los niveles de Nitrógeno 0, 50, 100 y 150 kg/ha.

Debido a las precipitaciones contínuas ocurridas durante el estudio, a su volumen y por llevar el cultivo más de un 50% de su ciclo en desarrollo y crecimiento, se llegó a la determinación de ser inútil el hecho de continuar muestreando el suelo para encontrar el momento de aplicar el primero nivel de abatimiento del agua aprovechable; por lo que la investigación continuó solo con el objetivo de determinar el efecto de la fertilización nitrogenada.

Posteriormente, se hicieron muestreos del suelo, encontrándose contenidos de humedad suficientes para satisfacer las demandas hídricas del cultivo, considerándose que el temporal ocurrido fue bueno y no hubo necesidad de otros riegos así lo demuestra el período húmedo según la Figura 5.

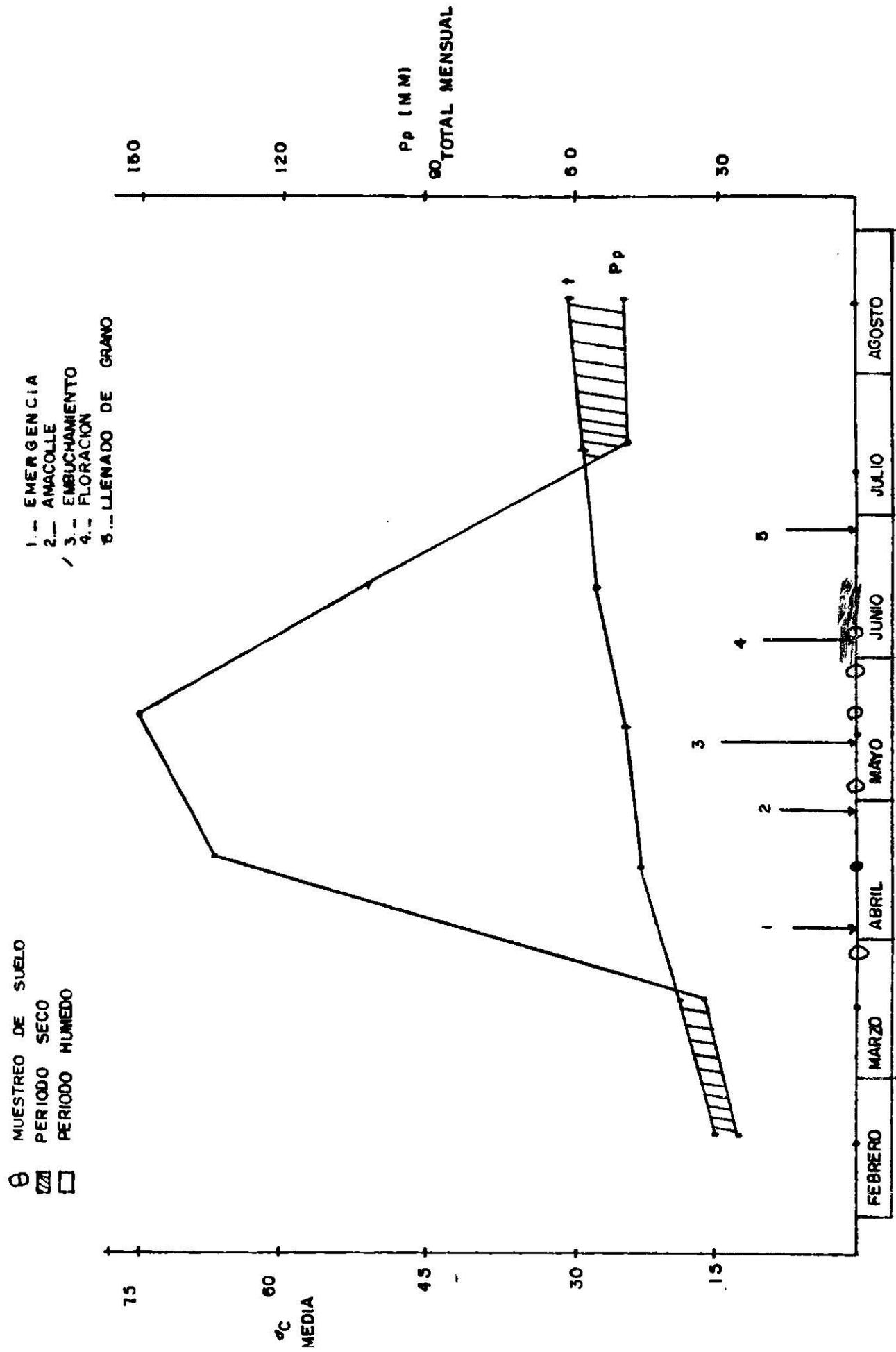


FIG. 5. — RELACION DE LA PRECIPITACION-TEMPERATURA Y CICLO DEL CULTIVO. DEL MARIN. N.L. 1961

Los días 5, 6, 7, 9 y 12 de Junio, se presentaron ataques severos de la mosquita (Contarinia sorghicola) en la panoja, se hicieron cinco aplicaciones de Diazinón al 25% a razón de 1.2 litros en 500 lt de agua/ha.

El 27 de Junio (etapa final de floración), se hizo una colecta de hojas por parcela útil, en cada parcela se muestrearon cinco plantas seleccionadas al azar, de las cuales se colectaron tres tipos de hojas (hoja bandera, hoja de la parte media y hoja inferior).

Del 28 de Junio al 3 de Julio (finalización de floración), se realizó la cuantificación de las variables a analizar, para esto se eligieron 10 plantas al azar por parcela útil, las cuales fueron:

1. Altura total de la planta (m), medida del cuello a la parte terminal de la panoja.
2. Altura de la planta a la excursión de la panoja (m).
3. Altura de la planta a la base de la hoja bandera, medida en metros.
4. Diámetro del tallo (cm), medido a la altura media de la planta.
5. Longitud y ancho máximo de las hojas, para esta variable se eligieron cuatro plantas con competencia completa por parcela útil. Posteriormente se calculó el área foliar total promedio por planta por parcela mediante la fórmula:  $AF = LXA \times 0.75$

Donde:  $AF = \text{área foliar (cm}^2\text{)}$ ,  $L = \text{longitud (cm)}$ ,  
 $A = \text{ancho máximo (cm)}$

El 18 de Agosto se realizó la colecta de 30 panojas de las plantas sin daño de mosquita y con competencia completa en cada parcela útil.

El 19 de Agosto, etapa de maduración fisiológica se realizó el corte y pesaje de forraje verde por parcela útil, además se obtuvieron muestras de materia verde en cada parcela y con el método gravimétrico se determinó el porcentaje de materia seca/parcela útil.

La Figura 6 muestra la distribución de los trabajos realizados sobre el cultivo en relación con la temperatura y precipitación ocurrida.

El 25 de Agosto se llevó a cabo la trilla de las panochas de cada tratamiento, pesándose el grano (g), y se toma una muestra de grano/parcela para determinar el porcentaje de humedad cuyo rango fue de 4.49 - 10.27%, para esta determinación se utilizó el método gravimétrico.

Del 15 al 25 de Noviembre se hicieron las determinaciones de Nitrógeno, Fósforo y proteínas en los tres tipos de hojas colectadas por parcela útil, para este análisis se utilizó el método de Kjeldhal y el factor 6.25 para proteínas.

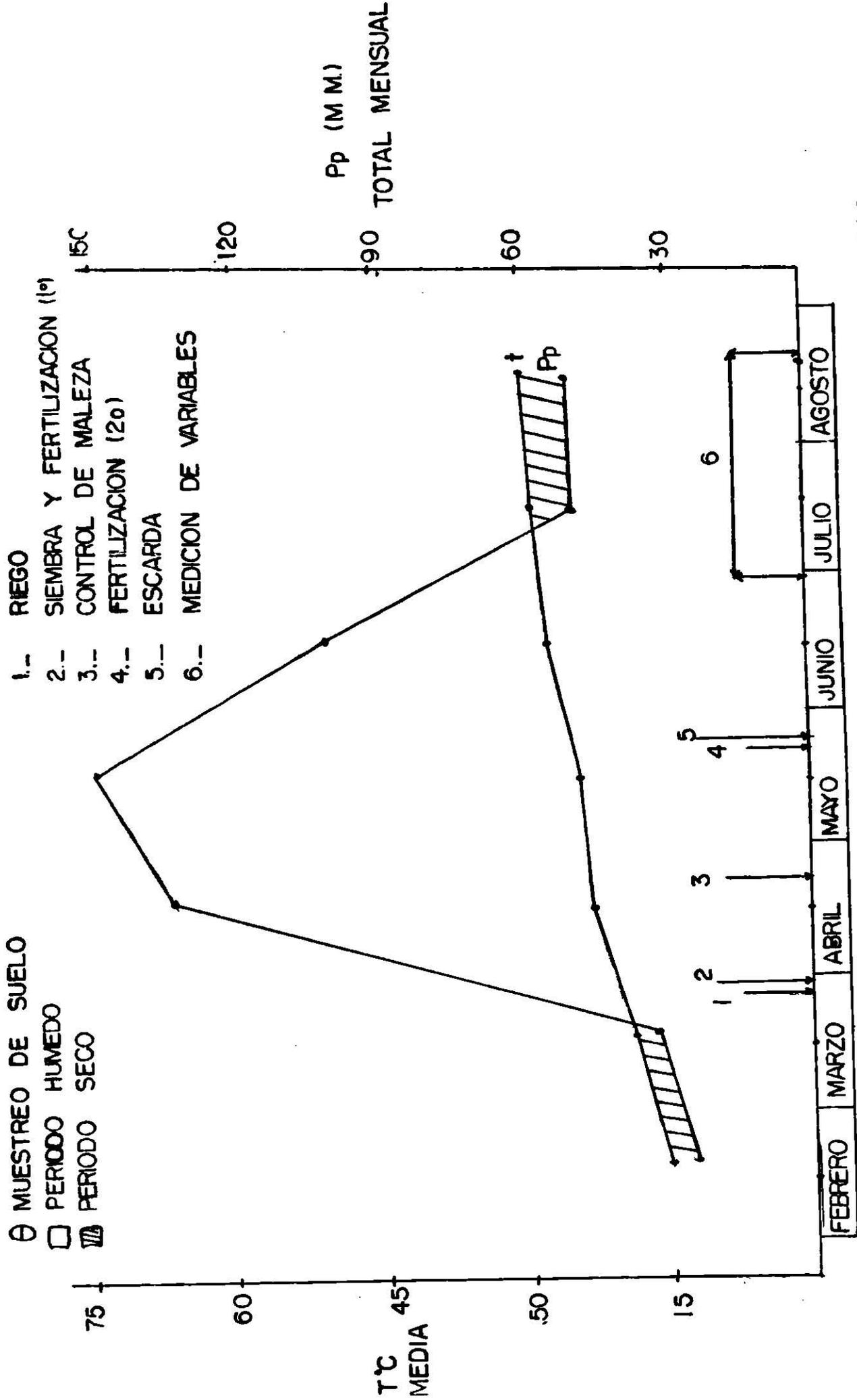


FIG. 6.- RELACION TEMPERATURA-PRECIPITACION CON LABORES REALIZADAS CON EL EXPERIMENTO DE SORGO PARA GRANO EN LA REGION DE MARIN, N.L. 1981.

## RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados de la investigación realizada. Las variables medidas fueron analizadas como un experimento en bloques al azar con 16 repeticiones, debido a que el factor de los niveles de abatimiento no pudo ser aplicado, los rendimientos de sorgo en grano (kg/ha) se presentan en el apéndice; esta variable se analizó estadísticamente. La Tabla 6 muestra el análisis de varianza correspondiente.

Tabla 6. Análisis de varianza para la producción del sorgo en grano. Ciclo Primavera 1981.

F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	F.c.	F.teórica	
					.05	.01
Bloques	15	45258181.3	$.302 \times 10^7$	3.92	2.81	4.25
Nitrógeno	3	3568638.6	$.119 \times 10^7$	1.52ns		
Error	45	34631636.8	769591.9			
Total	63	83458456.7				

ns = Diferencia no significativa

CV = 12.95%

Estos resultados indican que no hay diferencia significativa entre tratamientos; aún así, los rendimientos obtenidos mostraron diferencias notorias en grano, observadas en la Tabla 7.

Tabla 7. Rendimiento de grano (kg/ha) del sorgo para cuatro niveles de fertilización nitrogenada en Marín, N.L. Ciclo Primavera 1981.

Tratamientos	Dosis (kg/ha)	Rendimiento en grano
N <sub>1</sub>	0 - 50 - 0	6600.42
N <sub>2</sub>	50 - 50 - 0	6676.39
N <sub>3</sub>	100 - 50 - 0	7153.21
N <sub>4</sub>	150 - 50 - 0	6552.30

Los rendimientos de sorgo en grano denotan incrementos al aumentar los niveles de fertilización nitrogenada de 0 a 100 kg/ha, siendo que bajo la dosis de 150 kg/ha se presentó un decremento drástico en la producción. Así lo comprueba el análisis de correlación cuyo valor fue de 0.8144, lo que significó que a manera de que aumentó el nivel de Nitrógeno, también aumentó el rendimiento en grano hasta un límite máximo, a partir del cual empezó a decaer la producción por el incremento hasta 150 kg de N/ha.

Las diferencias del rendimiento en grano fueron no significativas, debido al alto contenido de materia orgánica y a la cantidad considerable de Nitrógeno en el suelo, así lo revelan los resultados del análisis edáfico realizado antes del establecimiento del experimento. Dichas características químicas enmascararon el efecto real de la fertilización nitrogenada. No así para otros estudios que se han realizado, en los cuales se han encontrado diferencias significativas en rendimiento de grano.

Aunque se tuvieron varios factores que afectaron al experimento, tales como la granizada ocurrida en la etapa de embuchamiento, el ataque intensivo de la mosquita en la panoja y las características químicas del suelo citadas anteriormente, aún así, los rendimientos obtenidos fueron buenos para la zona y superiores a la media del híbrido.

El análisis estadístico que se utilizó fue una adecuación a los cambios ocurridos en los factores de estudio. Este diseño fue muy acertado, así lo denota la significancia al 95% para bloques y el coeficiente de variación aceptable para el cultivo establecido.

De lo anterior, se considera que antes de realizar el establecimiento del experimento debió haberse realizado pruebas en blanco o bien, elegir terrenos con bajos contenidos de Nitrógeno aprovechable y así, evitar el encubrimiento de los efectos reales de la fertilización.

Con el fin de encontrar indicadores que revelaran el efecto de la fertilización nitrogenada en el sorgo, se midieron una serie de variables; entre éstas se realizó la altura total de la planta, medida del cuello de la planta a la parte terminal de la panoja. El comportamiento medio por bloques se presenta en el apéndice, esta variable fue analizada y los resultados se observan en la Tabla 8.

Tabla 8. Análisis de varianza para la altura total de la planta en el experimento de sorgo para grano en el Ciclo Primavera Marín, N.L. 1981.

F. V.	G.l.	S.C.	C.M.	Fc.	.05	.01
Bloque	15	538.229	35.882	2.859	2.81	4.25
Nitrógeno	3	93.327	31.109	2.479 ns		
Error	45	564.740	12.55			
Total	63	1196.296				

C.V. = 3.53%

ns = Diferencia no significativa

Estos resultados denotan que las diferencias en el efecto entre tratamientos no fueron significativas, el bloqueo estuvo correcto y el error experimental muy bajo y por lo tanto, son altamente confiables los resultados. El genotipo del sorgo determinan un fenotipo homogéneo en la altura, por lo que las variaciones obtenidas se consideran como efecto ambiental y específicamente se esperaban incrementos en la altura ocasionados por la fertilización; sin embargo, los resultados denotan una variación mínima y contrario a lo que se esperaba. Las alturas decrecen al aumentar la fertilización, así lo demuestran los datos de la Tabla 9.

Igual que para el rendimiento en grano, la diferencia en las alturas no fueron significativas por las causas mencionadas.

Tabla 9. Altura total media del sorgo para 4 niveles de fertilización nitrogenada en Marín, N.L. 1981.

Tratamiento	Dosis (kg/ha)	Altura total media (cm)
N <sub>1</sub>	0 - 50 - 0	101.02
N <sub>2</sub>	50 - 50 - 0	101.03
N <sub>3</sub>	100 - 50 - 0	100.41
N <sub>4</sub>	150 - 50 - 0	98.09

Otra de las variables analizadas fue la altura de la planta a la excursión de la panoja. La cuantificación de esta variable aparece en el apéndice y el análisis de varianza presenta su resultado en la Tabla 10.

Tabla 10. Análisis de varianza para la altura de la planta a la excursión de la panoja en el experimento de sorgo para grano durante el Ciclo Primavera Marín, N.L. 1981.

F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	Fc.	F. teórica .05	F. teórica .01
Bloques	15	381.975	25.465	2.05	2.81	4.25
Nitrógeno	3	34.826	11.609	0.93ns		
Error	45	558.810	12.418			
Total	63	975.611				

C.V. = 4.64%

nc = Diferencias no significativas

Estos resultados revelan que no hubo diferencias significativas en la altura a la excursión de la panoja por efecto del Nitrógeno, es decir, que los cambios en los niveles de Nitrógeno no causaron cambios significativos en la altura. La media aparece en la Tabla 11.

Tabla 11. Altura media a la excursión de la panoja para diferentes dosis de Nitrógeno en sorgo.

Tratamiento	Dosis (kg/ha)	Altura a la excursión (cm)
N <sub>1</sub>	0 - 50 - 0	76.29
N <sub>2</sub>	50 - 50 - 0	76.61
N <sub>3</sub>	100 - 50 - 0	76.04
N <sub>4</sub>	150 - 50 - 0	74.67

También se hizo un análisis de varianza para la altura de la planta a la base de la hoja bandera. Los datos registrados por parcela útil se presentan en el Apéndice. La Tabla 12 muestra los resultados del análisis.

Tabla 12. Análisis de varianza para la altura de la planta a la base de la hoja bandera del experimento en sorgo para grano. Marfn, N.L. 1981.

F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	Fc.	F. teórica	
					.05	.01
Bloques	15	394.125	26.275	2.94	2.81	4.25
Nitrógeno	3	57.056	19.019	2.12ns		
Error	45	402.011	8.934			
Total	63	853.192				

C.V. = 4.77%

ns = Diferencia no significativa

El análisis muestra que las diferencias por efecto de fertilización, no fueron significativas en la altura de la planta a la hoja bandera. La Tabla 13 presenta los promedios de la altura para los tratamientos estudiados.

Tabla 13. Altura media en la planta a la hoja bandera (cm) para dosis de Nitrógeno en el sorgo para grano.

Tratamiento	Dosis (kg/ha)	Altura media (cm)
N <sub>1</sub>	0 - 50 - 0	63
N <sub>2</sub>	50 - 50 - 0	62.88
N <sub>3</sub>	100 - 50 - 0	63.57
N <sub>4</sub>	150 - 50 - 0	61.05

Entre otras se hizo el análisis estadístico para el diámetro (cm) de la parte media del tallo, los datos registrados se aprecian en el apéndice. Los resultados son mostrados en la Tabla 14.

Tabla 14. Análisis de varianza para el diámetro de la parte media del tallo en el experimento de sorgo para grano en Marín, N.L. 1981.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	F. teórica	
					.05	.01
Bloques	15	1.922	.128	10.25	2.81	4.25
Nitrógeno	3	.033	.011	.87ns		
Error	45	.562	.012			
Total	63	2.517				

C.V. = 8.49%

ns = Diferencia no significativa

Tampoco se detectaron diferencias significativas por efectos de los tratamientos en el diámetro de la parte media de la planta. Los valores cuantitativos para esta variable como efecto de los tratamientos son presentados en la Tabla 15.

Tabla 15. Diámetro medio (cm) de la parte media del tallo para dosis de nitrógeno.

Tratamientos	Dosis (kg/ha)	Diámetro (cm)
N <sub>1</sub>	0 - 50 - 0	1.31
N <sub>2</sub>	50 - 50 - 0	1.29
N <sub>3</sub>	100 - 50 - 0	1.29
N <sub>4</sub>	150 - 50 - 0	1.25

En este caso, aunque las diferencias fueron no significativas, las medias demuestran que el incremento en el Nivel de Nitrógeno causó una disminución en el diámetro de la planta.

También la variable longitud de la panoja (cm) fue sometida a estudios, los datos obtenidos se muestran en el apéndice. Los resultados del análisis se presentan en la Tabla 16.

Según el análisis, las diferencias en la longitud media de la panoja no fueron significativas para la fertilización nitrogenada. En la Tabla 17 se muestran las medias para la longitud de la panoja (cm), para cada tratamiento.

Tabla 16. Análisis de varianza para la longitud de la panoja en el experimento de sorgo para grano.

F.v.	G.l.	S.C.	C.M.	Fc.	F. teórica	
					.05	.01
Bloque	15	46.142	3.076	2.08	2.81	4.25
Nitrógeno	3	5.134	1.711	1.15ns		
Error	45	66.526	1.478			
Total	63	117.803				

C.V. = 5.09%

ns = Diferencia no significativa

Tabla 17. Longitud promedio de la panoja (cm) para niveles de fertilización nitrogenada en sorgo de grano. Ciclo Primavera Marín, N.L. 1981.

Tratamiento	Dosis (kg/ha)	Longitud de panoja (cm)
N <sub>1</sub>	0 - 50 - 0	23.64
N <sub>2</sub>	50 - 50 - 0	24.14
N <sub>3</sub>	100 - 50 - 0	24.13
N <sub>4</sub>	150 - 50 - 0	23.51

Otra de las variables analizadas fue la longitud de la excursión de la panoja (cm), los datos obtenidos aparecen en el apéndice. Los resultados del análisis se muestran en la Tabla 18.

El análisis mostró que las diferencias entre los efectos de los niveles de nitrógeno no son significativos. En la Tabla 19 se presentan las medias en la longitud de la excursión de la panoja para cada tratamiento.

Tabla 18. Análisis de varianza para la longitud de la excersión en la panoja del experimento en sorgo de grano ciclo Primavera 1981. Marín, N.L.

F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	Fc.	F. teórica	
					.05	.01
Bloques	15	154.063	10.271	4.18	2.81	4.25
Nitrógeno	3	14.027	4.676	1.9 ns		
Error	45	110.395	2.453			
Total	63	278.484				

C.V. = 11.29%

ns = Diferencia no significativa

Tabla 19. Longitud media de la excersión en la panoja (cm) para dosis de Nitrógeno en sorgo para grano.

Tratamiento	Dosis (kg/ha)	Longitud de excersión (cm)
N <sub>1</sub>	0 - 50 - 0	14.35
N <sub>2</sub>	50 - 50 - 0	14.30
N <sub>3</sub>	100 - 50 - 0	13.26
N <sub>4</sub>	150 - 50 - 0	13.57

Se analizó el área media total del follaje por planta para cada tratamiento. Los datos registrados se presentan en el apéndice. Los resultados del análisis se pueden apreciar en la Tabla 20.

Tabla 20. Análisis de varianza para el promedio del área foliar total por planta en el experimento de sorgo para grano ciclo Primavera 1981. Marín, N.L.

F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	Fc.	F.teórica	
					.05	.01
Bloque	15	3931714.9	267114.3	5.27	2.81	4.25
Nitrógeno	3	191933.4	63977.8	1.28 ns		
Error	45	2235207.6	49671.2			
Total	63	6358855.9				

C.V. = 3.5%

ns = Diferencias no significativas

Según los resultados, las diferencias obtenidas para el área foliar no son significativas entre los tratamientos. La Tabla 21 nos muestra la tendencia que tiene esta variable en función de los niveles de Nitrógeno, se puede observar que del nivel 0 al nivel 100 kg de Nitrógeno/ha, el área foliar se incrementa, pero después del nivel 100, decrece el área foliar. Esto significa que la fertilización nitrogenada incrementa el área foliar por plantas hasta un nivel definido.

Dado que el número de hojas por planta es variable, por lo tanto afecta el área foliar total por planta. Por estas razones, se hizo un análisis para área foliar, con el fin de detectar una posible significancia. Los datos transformados se presentan en el apéndice. Los resultados del análisis se muestran en la Tabla 22.

Tabla 21. Area foliar media por planta (cm) para distintos niveles de fertilización nitrogenada.

Traatamiento	Dosis (kg/ha)	Area foliar (cm <sup>2</sup> )
N <sub>1</sub>	0 - 50 - 0	1374.96
N <sub>2</sub>	50 - 50 - 0	1485.05
N <sub>3</sub>	100 - 50 - 0	1516.8
N <sub>4</sub>	150 - 50 - 0	1424.03

Tabla 22. Análisis de varianza para el área foliar por hoja (cm<sup>2</sup>) del experimento en sorgo para grano.

F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	Fc.	F. teórica	
					.05	.01
Bloque	15	32458.5	2163.9	2.5	2.81	4.25
Nitrógeno	3	5920.9	1973.6	2.3 ns		
Error	35	38533.6	856.3			
Total	63	76913.0				

C.V. = 11.4%

ns = Diferencia no significativa

Aún con la transformación realizada, el análisis no detectó diferencias significativas para área foliar por hoja; sin embargo, la Tabla 23 de medias por tratamiento reafirma la tendencia del incremento del área foliar por hoja al aumentar las dosis de Nitrógeno, es decir, al aumentar los niveles de Nitrógeno de 0 a 150 kg/ha, el área foliar por hoja aumentó de 239.84 a 265.06 cm<sup>2</sup>. El efecto de numeros de hojas se

observó en N<sub>4</sub>, ya que en la tabla anterior había decrecido el área, pero la transformación detectó que sigue aumentando el área foliar para dicho nivel.

Tabla 23. Area foliar media por hoja para niveles de fertilización nitrogenada.

Tratamiento	Dosis (kg/ha)	Area foliar (cm <sup>2</sup> )
N <sub>1</sub>	0 - 50 - 0	239.84
N <sub>2</sub>	50 - 50 - 0	257.83
N <sub>3</sub>	100 - 50 - 0	260.85
N <sub>4</sub>	150 - 50 - 0	265.06

Con el objetivo de encontrar el efecto de la fertilización nitrogenada en el rendimiento de sorgo en materia seca, se realizó un análisis para dicha variable, los datos se presentan en el apéndice. Los resultados del análisis se observan en la Tabla 24.

Estos resultados demuestran que no hay diferencias significativas por efectos de los tratamientos de fertilización las medias por cada nivel de Nitrógeno se observan en la Tabla 25.

Tabla 24. Análisis de varianza para el rendimiento en materia seca por parcela útil del experimento en sorgo para grano.

F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	Fc.	F. teórica	
					.05	.01
Bloque	15	4.568	.305	3.66	2.81	4.25
Nitrógeno	3	.036	.012	.14 ns		
Error	45	3.740	.083			
Total	63	8.344				

C.V. = 12%

ns = Diferencia no significativa

Tabla 25. Rendimiento en materia seca por parcela útil de 4 niveles de fertilización nitrogenada en el sorgo para grano. Marín, N.L. 1981.

Tratamientos	Dosis (kg/ha)	Materia seca (kg)
N <sub>1</sub>	0 - 50 - 0	2.42
N <sub>2</sub>	50 - 50 - 0	2.56
N <sub>3</sub>	100 - 50 - 0	2.41
N <sub>4</sub>	150 - 50 - 0	2.41

Las medias obtenidas para materia seca, indican todo lo contrario a lo reportado por otras investigaciones y por la tendencia conocida del incremento en la producción de forraje por efecto en el incremento de la fertilización, dado que hubo una gran variación en el número de plantas por parcela útil, lo cual probablemente confunde el efecto real en la pro

ducción de forraje seco; por lo tanto, fue necesario realizar una conversión de esta variable a materia seca en g/planta, luego a kg/ha en base a una densidad de población de 250,000 plantas/ha, esta conversión doble fue analizada. Los datos se presentan en el apéndice. Los resultados del análisis se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26. Análisis de varianza para rendimiento en materia seca (kg/ha) en el experimento de sorgo para grano en Marín, N.L. 1981.

F. V.	G.l.	S.C.	C.M.	F.c.	F. teórica	
					.05	.01
Bloque	15	$5.328 \times 10^7$	$.355 \times 10^7$	4.97	2.81	4.25
Nitrógeno	3	$.433 \times 10^7$	$.145 \times 10^7$	2.02 ns		
Error	45	$3.213 \times 10^7$	$.071 \times 10^7$			
Total	63	$8.974 \times 10^7$				

C.V. = 14.1%

ns = Diferencia no significativa

Los resultados nos muestran que las diferencias observadas no son significativas como efecto de la fertilización nitrógenada. Las medias de rendimiento en materia seca (kg/ha) para los tratamientos, se muestran en la Tabla 27.

Tabla 27. Rendimiento en materia seca (kg/ha) del sorgo para grano en 4 niveles de fertilización nitrogenada.

Tratamiento	Dosis (kg/ha)	Materia seca (kg/ha)
N <sub>1</sub>	0 - 50 - 0	5901.24
N <sub>2</sub>	50 - 50 - 0	5629.79
N <sub>3</sub>	100 - 50 - 0	6355.74
N <sub>4</sub>	150 - 50 - 0	6012.21

Es apreciable el efecto real del Nitrógeno sobre esta variable; por que realmente el número variante de planta cosechada en las parcelas útiles no permitía observar la tendencia en el rendimiento en materia seca. Observese como el incremento en el intervalo de 0-100 kg de N/ha, aumentó de 5901.24 a 6355.74 kg de materia seca/ha, es decir, un aumento de 100 kg de Nitrógeno causó un aumento de 454.5 kg/ha en materia seca con respecto a la no fertilización nitrogenada. Sin embargo, en el intervalo de 100-150 kg de N/ha, causó una baja en el rendimiento, siendo que niveles mayores de 100 kg de N/ha es muy probable que sean negativos para el cultivo en esta variable.

Con la finalidad de determinar el efecto de la fertilización nitrogenada en el contenido de este elemento en la planta, se analizó el promedio porcentual de Nitrógeno en el follaje de la planta. Se determinó el porcentaje de Nitrógeno para tres tipos de hojas en cada uno de los tratamientos.

Posteriormente, se calculó el promedio en el contenido de Nitrógeno en la planta y se realizó el análisis. Los datos registrados se presentan en el apéndice. Los resultados del análisis se muestran en la Tabla 28.

Tabla 28. Análisis de varianza para el contenido medio de Nitrógeno en el follaje a los 90 días en el experimento en sorgo de grano. Ciclo primavera. Marín, N.L. 1981.

F.V.	G.l.	S.C.	C.M.	Fc.	F. teórica	
					.05	.01
Bloques	3	.079	.026	3.04	3.86	6.99
Nitrógeno	3	.030	.010	1.16 ns		
Error	9	.078	.009			
Total	15	.187				

C.V. = 3.79%

ns = Diferencia no significativa

El análisis muestra que las diferencias en el contenido de Nitrógeno no son significativas como efecto de la fertilización nitrogenada. En la Tabla 29 se aprecia el comportamiento medio en el contenido de Nitrógeno para los diferentes niveles estudiados en el experimento.

Los contenidos de nitrógenos determinados, no describen la tendencia esperada, siendo éstos muy confusos debido al enmascaramiento de los efectos reales causados por el alto contenido de materia orgánica y el mediano contenido de Nitrógeno aprovechable en el suelo.

Tabla 29. Porcentaje de Nitrógeno contenido en el follaje de la planta para dosis de Nitrógeno en el sorgo para grano a los 90 días de cultivo.

Tratamiento	Dosis (kg/ha)	% de Nitrógeno
N <sub>1</sub>	0 - 50 - 0	2.55
N <sub>2</sub>	50 - 50 - 0	2.46
N <sub>3</sub>	100 - 50 - 0	2.45
N <sub>4</sub>	150 - 50 - 0	2.54

Finalmente se hicieron análisis de varianza para el contenido de Nitrógeno en cada tipo de hoja muestreada (bandera, media e inferior), encontrándose diferencias no significativas para los tipos de hojas. Sin embargo, se comprobó el conocimiento de la traslocación del Nitrógeno en la planta, hallándose en la hoja inferior los contenidos menores de Nitrógeno. Posteriormente, le siguió la hoja media y el mayor contenido se encontró para la hoja bandera. Este comportamiento se observó para todos los niveles de fertilización nitrogenada, así lo demuestra la Tabla 30.

Para todos los niveles estudiados, es apreciable en los tres tipos de hojas el contenido de Nitrógeno y se comprueba una correlación positiva entre los contenidos de Nitrógeno en las distintas alturas de la planta, es decir, se encontró que el contenido de Nitrógeno varía de más a menos partiendo del mayor contenido en la hoja más alta al menor contenido en la hoja más inferior.

Tabla 30. Porcentaje medio de Nitrógeno en diferentes tipos de hojas para distintas dosis de Nitrógeno en el sorgo de grano a los 90 días de cultivo.

Dosis (kg/ha)	H o j a s		
	Bandera	Media	Inferior
0 - 50 - 0	3.33	2.38	1.94
50 - 50 - 0	3.07	2.30	2.01
100 - 50 - 0	3.08	2.35	1.94
150 - 50 - 0	3.21	2.23	2.14

El testigo 0-50-0 denota el mayor contenido de Nitrógeno, no obstante que no se había aplicado el elemento al suelo, lo cual confirma el alto contenido de materia orgánica en el suelo en forma natural (gallinaza) y que fue la causa del enmascaramiento. Los análisis bromatológicos determinaron variaciones desde 1.84% de Nitrógeno en la hoja inferior hasta un 4% en la hoja bandera y en general, se encontró un promedio de 2.5% de Nitrógeno en la planta, valor que coincide con los datos críticos reportados en la literatura; véase que para las dosis 0-50-0 de la Tabla 29, muestra el mayor contenido.

Los análisis químicos de las hojas, demuestran el enmascaramiento con el efecto real del Nitrógeno sobre las variables medidas, deducieron que la buena fertilidad del suelo causó la mínima variación en los efectos de los tratamientos.

En general, no hubo diferencias significativas para las variables medidas, pero sí los hubo para efecto de bloques en casi todas las variables. Los coeficientes de variación fueron aceptables, cuya variación fue desde 3.53% hasta 15.3% intervalo que está dentro de los límites del error experimental para cultivos anuales, lo que significa que hubo un buen manejo del experimento.

A pesar de lo anterior, cabe indicar que en algunas variables tales como: altura total, altura de la hoja bandera, rendimiento de materia seca/ha, área foliar media/hoja y porcentaje de Nitrógeno en la hoja inferior, se encontraron valores de  $F_c$  entre 2.02 y 2.47, los cuales tienen una alta aproximación al nivel de significancia de 0.05, donde  $F_t$  es de 2.81.

Según los resultados del análisis del suelo, en el cual se realizó el estudio, se encontró un 3.4% de materia orgánica, del cual el 5% es Nitrógeno; por lo tanto, se tiene un 0.17% de Nitrógeno, dicho porcentaje es verificado por los resultados del análisis del suelo.

Si suponemos que el peso de la capa arable del suelo es de aproximadamente 2;240,000 kg/ha, por lo tanto, la riqueza en materia orgánica sería de 76,160 kg/ha de los cuales el 5% es Nitrógeno; entonces se tendría 3,808 kg de Nitrógeno, pero por la actividad de los microorganismos, la cantidad de Nitrógeno liberado de la materia orgánica no excede del 5%

lo que representa a la existencia aproximada en el área experimental de 190.4 kg de Nitrógeno disponible.

Del análisis anterior, se concluye que la presencia aproximada de 190.4 kg de Nitrógeno liberado por la descomposición de la materia orgánica presente, provocó la no respuesta del cultivo a los diferentes niveles de Nitrógeno aplicado y por ende, causó un enmascaramiento del efecto real de dicho factor para todas las variables medidas.

## CONCLUSIONES

Acorde a los resultados de esta investigación, se concluye lo siguiente:

1. Para todas las variables analizadas, las diferencias observadas no fueron significativas, es decir, no se encontró respuesta significativa por efecto de la fertilización nitrogenada, debido al contenido de Nitrógeno y al nivel rico de materia orgánica presente.
2. Para el caso de rendimiento en grano; las mayores producciones fueron obtenidas por la fórmula 100-50-0, siendo superior en 552 kg/ha en grano con respecto al testigo 0-50-0.
3. Se detectó efecto del Nitrógeno en el área foliar media por hoja; encontrándose una correlación alta y positiva. La dosis 150-50-0 registró la mayor superficie foliar por hoja, observándose un incremento de  $25.22 \text{ cm}^2/\text{hoja}$  con respecto al área obtenida con la fórmula 0-50-0. La relación encontrada fue que a mayor fertilización nitrogenada, mayor es el área foliar.
4. Los mayores rendimientos en forraje seco fueron obtenidos con la fórmula 100-50-0, con una superioridad de 225.5 kg/ha con respecto a la fórmula 0-50-0 y de 725.95 kg/ha en función del nivel 50-50-0.

5. Los mayores contenidos de Nitrógeno se detectaron en la hoja bandera, le siguieron en porcentaje en la hoja media y el menor contenido se detectó en la hoja inferior. Este comportamiento se observó en los cuatro niveles es tudiados.

## RECOMENDACIONES

De acuerdo a la experiencia obtenida con la investigación realizada, es preciso observar lo siguiente:

1. Para dar recomendaciones sobre la dosis de Nitrógeno a aplicar en la región de estudio, es conveniente realizar varias veces este tipo de experimentos, los cuales no deben efectuarse sin el previo análisis de suelo.
2. Cuando los contenidos en macroelementos sean altos o medianos, es necesario hacer pruebas o ensayos en blanco para homogenizar en la medida de lo posible al suelo experimental.
3. Debe tenerse cuidado en respetar las fechas de siembra para evitarse problemas de plagas.
4. Que se intente estudiar los factores de Nitrógeno y abatimiento del agua aprovechable, dado que no existen estudios sobre estos parámetros y porque son limitantes de la producción del sorgo para grano en esta región.

## BIBLIOGRAFIA

1. Ville, A. 1984. Biología. Interamericana, S.A. de C.V. 7a ed. México. pp. 113 y 114.
2. Tigner, L. y otros. 1963. Importancia del sorgo en la agricultura moderna. Agricultura de las Américas. 12(11):38-42.
3. Ahenkorah, Y. 1979. La influencia del ambiente sobre el crecimiento y producción de cacao. 7a. Conferencia Internacional de Investigación en Cacao. Camerun pp. 2-4, 7, 10 y 13.
4. Alonso, V.R. y Cúteo M., J. 1986. Suelos y Fertilización del Cacao. Memorias del Curso sobre Producción del Cacao. México. pp. 96 y 101.
5. Biblioteca Práctica Agrícola y Ganadera. 1985. Oceano. Vols. I y II. México. pp. 64, 67, 136-141, 147-149, 204 y 222.
6. Camacho Galván, J. 1974. Fertilización en el cultivo del sorgo para grano en el municipio de Anáhuac, N.L. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, UANL. 34 p.
7. Colorado Domínguez, N. 1982. Uso, manejo y fertilidad de los suelos tropicales del sureste de México. México pp 2.
8. Cooke, G.W. 1964. Fertilizantes y sus usos. CECOSA. México 180 p.
9. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos Americanos. Manual de conservación de suelos. LIMUSA. México. 1980.
10. Enciclopedia de las Ciencias. 1984. 3a. ed. Cumbre, S.A. Vols. III, IV y VI. México. pp. 18, 19, 268, 269, 489 y 517.

11. Facultad de Agronomía UANL. Instructivo para llevar a cabo siembras de sorgo. Apuntes del Curso de Producción de Semillas. 1980. México. pp. 10.
12. Firman, E.B. 1969. Los suelos en relación con el crecimiento de los cultivos. Omega Barcelona pp. 73, 76, 79, 84, 87, 201-294, 208, 209, 215, 218 y 219.
13. Galicia González, S. 1978. Pruebas de diferentes niveles de fertilización nitrogenada y fosfatada en el cultivo de sorgo para grano en la región de General Escobedo, N.L. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, UANL. 35 p.
14. Gonzalo de la Garza, A. 1971. Densidad óptima de plantas en sorgo forrajero con relación al nivel de fertilidad. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, UANL. 32 p.
15. Gros, A. 1981. Abonos. Guía práctica de la fertilización Ediciones Mundi-Prensa. 7a. ed. Madrid. pp. 174-179.
16. INIA, SAG. 1967. Investigación agrícola en Yucatán. Primer Informe del CIAPY.
17. INIA, SARH. 1977. Fertilización. Ediciones Mario Andujo y L. Sarfá. Informe Técnico CIANE. Cd. Juárez, Chih pp. 437, 439 y 442.
18. INIA, SARH. 1977. Sorgo forrajero. Circular CIASE. No. 58 México. p. 8.
19. INIA, SARH. 1978. Sorgo para grano. Boletín desplegable CAEI No. 12 México.
20. INIA, SARH. 1978. Sorgos híbridos de riego. Boletín desplegable. CIAB. No. 97. México.
21. INIA, SARH. 1978. Sorgos híbridos de temporal para El Bajío. Boletín desplegable. CIAB. No. 100. México.

22. INIA, SARH. 1981. Resúmenes de las ponencias del Simposio Nacional de la Investigación Agrícola. 20 Años del INIA. México.
23. INIA, SARH. 1982. Guía para la asistencia técnica agrícola. 2a. ed. México. pp. 21, 23 y 36.
24. International Harvester. 1973. La técnica en agricultura y ganadería. Revista No. 51, México.
25. Jiménez S., E. y Díaz R., R. 1967. Suelos y Fertilización en cacao. Fitotecnia Latinoamericana. 4(1):45-50.
26. Lázaro Martínez, A. 1969. Influencia de diferentes niveles de humedad aprovechable en el rendimiento de sorgo para grano. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía UANL. 46 p.
27. López R., J. y López M., J. 1978. El diagnóstico de suelos y plantas. 3a. ed. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid. pp. 30-34.
28. National Plant Food Institute. 1974. Manual de fertilizantes. 2a. ed. LIMUSA. México. pp. 157, 107 y 110.
29. Nueva Enciclopedia Temática. 1981. El mundo del estudiante. 28a. ed. Cumbre, S.A. Vol. V. México. pp. 415.
30. Papadakis A., J. 1974. Los fertilizantes alboatros. Buenos Aires. pp. 67, 68, 70-76 y 110-112.
31. Robles Sánchez, R. 1979. Producción de granos y forrajes 2a. ed. LIMUSA. México. pp. 152 y 153.
32. Rojas González, A.U. 1982. Respuesta a la fertilización N, P y K del plátano Valery en Teapa, Tabasco. Ciclo de Seminarios Técnicos CAEHUI. INIA, SARH. México. pp. 38.
33. Salas Maldonado, C. 1977. Evaluación de 56 híbridos de sorgo para grano durante el ciclo de primavera en el municipio de Marín, N.L. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía UANL. 59 p.

34. Sánchez Serna, H.M. 1974. Diferentes niveles de fertilización con Nitrógeno y Fósforo en sorgo para grano, en el ciclo temprano en el Rancho La Sandía del municipio de Vallecillo, N.L. Tesis Ing. Agr. de la Facultad de Agronomía, UANL. 29 p.
35. S.A.R.H. 1978. El mayo agrícola. Organo oficial del Comité Directivo Agrícola del Distrito de Riego No. 38 No. 1, 2 y 3 Vol. XII. México.
36. Tarango Vargas, L.E. 1976. Estudio de características agronómicas y morfológicas en 44 híbridos de sorgo para grano en Escobedo, N.L. Ciclo temprano. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, UANL. 75 p.
37. Teuscher, H. y Adler, R. 1965. El suelo y su fertilidad CECSA. México. pp. 25, 238-241, 394 y 395.
38. Tisdale, S.C. y W.L. Nelson. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. UTEHA. México. pp. 83, 102, 138-149, 165-170, 228, 229, 238, 239, 259, 544, 545, 550, 551 y 556-558.
39. Voss, R.E. et al. 1970. Relationship between grain yield and leaf N, P. and K concentrations for corn (Zea mays L.) and the factors that this relationship. Journal paper No. 1-6420 of the Iowa Agriculture and Home Economics Experiment Station, AMES, Iowa. Project. No. 1190. pp 726.
40. WORTHEN, E.L. y Aldrich, S.R. 1980. Suelos Agrícolas, su conservación y su fertilización. UIHEA. México. pp. 88, 94, 95, 130-132, 138-146.

A P E N D I C E

A1. Rendimiento en grano de sorgo en kg/ha, ajustado al 12% de humedad.

Repetición	Niveles de Nitrógeno (kg/ha)				$\bar{X}$
	0	50	100	150	
1	6156.1	4845.5	7027.8	7976.3	6501.4
2	5720.0	6798.8	6924.4	6349.9	6448.3
3	7170.4	6876.7	7588.9	2915.0	6137.8-
4	7119.3	5843.8	7545.6	7050.1	6889.7
5	8030.7	7987.2	7692.5	8208.8	7979.8
6	6802.9	7796.5	7783.2	7932.8	7578.8
7	8373.1	8590.1	8004.2	7469.2	8109.1
8	7239.0	8571.2	8177.5	7803.8	7947.8
9	6237.2	6520.7	5358.4	5056.6	5793.2
10	5730.5	6463.1	6988.0	6700.4	6470.5
11	6904.0	8463.9	7301.0	7447.4	7529.1
12	7466.3	6697.7	7006.7	7593.9	7191.1
13	4812.9	5652.8	8042.5	4974.9	5870.1
14	6834.1	6078.4	6254.3	6463.0	6407.5
15	6212.3	5563.6	6763.2	6511.5	6262.6
16	4797.0	5671.3	5992.1	4382.2	5210.7
$\bar{X}$	6600.3	6776.3	7153.1	6552.2	6770.5

## A2. Altura total de la planta (cm).

Repeticiones	Niveles de Nitrógeno (kg/ha)				
	0	50	100	150	$\bar{X}$
1	105.25	100.10	98.80	95.75	99.98
2	101.50	103.90	105.50	101.85	103.19
3	100.20	100.40	100.40	94.25	98.81
4	99.20	101.80	105.50	94.00	100.13
5	105.00	95.80	100.10	99.40	100.08
6	104.70	105.60	102.90	104.70	104.47
7	99.81	98.00	99.20	94.20	97.80
8	102.30	102.20	100.80	100.65	101.49
9	96.00	95.00	104.10	98.40	98.38
10	107.20	106.40	95.70	103.10	103.10
11	109.70	103.20	94.90	96.30	101.03
12	105.10	107.10	103.60	105.20	105.20
13	96.75	101.00	99.15	99.45	99.09
14	96.10	105.50	100.10	93.15	98.71
15	94.25	99.25	97.40	99.50	97.60
16	93.25	91.30	98.40	89.60	93.14
$\bar{X}$	101.02	101.03	100.41	98.09	100.13

## A3. Altura de la planta a la excersión de la panoja (cm)

Repetición	Niveles de Nitrógeno (kg/ha)				$\bar{X}$
	0	50	100	150	
1	857.75	75.45	74.30	70.70	75.55
2	77.30	78.30	78.90	76.54	77.76
3	77.10	76.70	74.65	70.90	74.84
4	74.70	75.60	80.30	72.00	75.65
5	78.80	70.20	77.05	75.80	75.71
6	78.10	82.00	78.60	81.40	80.03
7	76.45	72.45	74.45	71.30	73.66
8	79.20	78.20	75.30	77.15	77.46
9	71.60	70.80	77.50	77.35	73.81
10	68.52	81.60	73.90	81.30	76.33
11	84.00	81.50	71.80	73.70	77.75
12	81.30	79.10	79.30	80.30	80.00
13	75.40	79.15	76.70	77.20	77.11
14	73.45	80.90	76.50	69.85	75.18
15	72.10	75.95	72.05	74.10	73.55
16	69.85	67.85	75.40	67.20	70.07
$\bar{X}$	76.29	76.61	76.04	74.67	75.9

A4. Altura de la planta a la base de la hoja bandera  
(cm)

Repetición	Niveles de Nitrógeno kg/ha				$\bar{X}$
	0	50	100	150	
1	68.60	61.40	59.40	55.20	61.15
2	64.85	66.10	66.30	63.70	65.24
3	62.00	61.90	60.35	56.80	60.26
4	64.20	66.40	69.60	63.10	65.82
5	63.00	58.40	65.00	63.00	62.35
6	64.80	65.90	64.40	67.50	65.65
7	60.43	60.95	62.10	56.50	60.00
8	65.70	63.10	62.60	61.90	63.35
9	58.10	58.70	67.40	60.70	61.23
10	68.00	66.50	62.20	64.80	65.37
11	69.00	65.80	62.05	59.00	63.96
12	64.00	64.70	66.30	67.00	65.50
13	61.10	64.95	62.40	64.85	63.33
14	62.20	64.30	65.20	56.00	61.92
15	58.05	60.25	57.90	61.10	59.33
16	54.00	56.65	63.90	55.70	57.56
$\bar{X}$	63.00	62.88	63.57	62.05	62.62

A5. Diámetro de la parte media del tallo de la planta (cm).

Repetición	Niveles de Nitrógeno kg/ha				$\bar{X}$
	0	50	100	150	
1	1.360	1.440	1.070	1.075	1.24
2	1.240	1.210	1.353	1.231	1.26
3	1.600	1.220	1.230	1.175	1.31
4	1.480	1.260	1.295	1.445	1.37
5	1.328	1.300	1.470	1.240	1.33
6	1.647	1.567	1.569	1.441	1.56
7	1.386	1.591	1.142	1.318	1.36
8	1.407	1.453	1.477	1.378	1.43
9	1.264	1.254	1.366	1.222	1.28
10	1.377	1.425	1.463	1.479	1.44
11	1.354	1.404	1.302	1.446	1.38
12	1.546	1.470	1.541	1.549	1.53
13	.765	.970	1.040	.960	.93
14	1.145	.970	1.065	.985	1.04
15	.905	1.090	1.095	1.095	1.03
16	1.226	1.054	1.205	.982	1.12
$\bar{X}$	1.31	1.29	1.29	1.25	1.29

## A6. Longitud de la panoja del sorgo (cm).

Repetición	Niveles de Nitrógeno kg/ha				$\bar{X}$
	0	50	100	150	
1	23.20	23.65	24.50	24.05	23.85
2	24.20	25.40	26.60	25.31	25.38
3	23.10	23.70	25.75	23.40	23.99
4	24.50	26.20	25.20	21.00	24.23
5	25.70	26.40	24.05	23.60	24.94
6	26.20	23.60	24.30	23.50	24.40
7	22.36	24.10	22.75	22.90	23.03
8	23.10	24.00	25.50	24.50	24.27
9	25.30	24.20	26.60	23.55	24.91
10	22.80	24.80	21.80	22.60	23.00
11	25.70	21.70	22.90	23.60	23.48
12	23.80	26.30	23.30	24.90	24.33
13	21.55	21.85	22.45	22.35	22.05
14	21.30	24.60	23.10	23.30	23.07
15	22.05	23.30	24.25	25.20	23.70
16	23.40	23.45	23.00	22.40	23.06
$\bar{X}$	23.64	24.14	24.13	23.51	23.86

A7. Longitud de la excursión de la panoja del sorgo  
(cm).

Repetición	Niveles de Nitrógeno kg/ha				$\bar{X}$
	0	50	100	150	
1	13.45	15.05	12.90	14.50	13.97
2	10.45	12.20	12.60	13.04	12.07
3	15.10	14.80	14.30	14.10	14.57
4	10.60	9.20	10.70	8.90	9.85
5	16.30	11.80	11.05	12.80	12.99
6	14.40	16.50	14.10	13.90	14.72
7	14.67	14.70	14.15	13.90	14.36
8	13.50	15.19	12.10	15.55	14.06
9	13.00	12.10	10.30	14.55	12.49
10	17.10	15.10	11.70	15.50	14.85
11	16.00	16.40	20.40	14.70	16.88
12	16.30	17.40	14.00	13.30	15.25
13	15.15	14.90	14.20	12.35	14.15
14	13.60	16.60	12.50	14.65	14.34
15	14.10	15.70	15.65	13.80	14.81
16	15.85	11.20	11.50	11.50	12.51
$\bar{X}$	14.35	14.30	13.26	13.57	13.87

A8. Area foliar por planta (cm<sup>2</sup>)

Repetición	Niveles de Nitógeno kg/ha				$\bar{x}$
	0	50	100	150	
1	1834.82	1730.65	1933.90	1429.10	1732.12
2	1391.80	1679.00	1595.60	1512.70	1544.78
3	1612.50	1733.60	1683.80	1336.60	2134.68
4	2250.30	2334.50	2390.50	1563.40	2134.68
5	1418.30	1685.30	1468.90	1729.60	1575.53
6	1219.10	1252.60	1138.30	1230.76	1210.19
7	1399.70	114170	1094.70	1404.30	1240.13
8	1534.30	1516.80	1993.60	1283.70	1582.10
9	1529.21	1140.46	1828.70	1559.90	1514.57
10	1057.20	1565.34	1656.70	1530.50	1452.43
11	1443.62	1287.30	1140.10	1275.80	1286.71
12	1380.20	1633.40	1242.99	1647.78	1476.09
13	943.25	1439.13	1110.34	1033.85	1131.64
14	960.05	1350.05	1428.37	1555.96	1323.72
15	1007.08	1070.08	1151.60	1645.44	1218.55
16	1097.90	1200.45	1410.75	1045.03	1188.53
$\bar{x}$	1374.96	1485.04	1516.08	1424.03	1450.21

A9. Area foliar por hoja en el sorgo para grano (cm<sup>2</sup>)

Repetición	Niveles de Nitrógeno kg/ha				$\bar{X}$
	0	50	100	150	
1	253.08	288.44	286.50	285.82	278.46
2	222.68	248.74	255.30	302.54	257.32
3	258.00	231.15	292.83	232.45	253.61
4	281.29	322.00	281.24	271.90	289.10
5	246.66	240.75	195.85	276.74	240.00
6	243.82	238.59	227.66	246.15	239.06
7	277.85	240.36	257.58	280.86	264.16
8	245.49	163.79	318.97	218.97	223.25
9	278.04	268.34	318.03	283.62	287.01
10	222.57	272.23	288.12	291.52	268.61
11	288.72	302.89	268.26	283.51	285.85
12	240.03	272.23	248.60	253.51	253.59
13	150.92	284.12	185.06	217.65	206.94
14	182.87	257.24	211.61	259.33	227.76
15	201.42	186.10	255.91	286.16	232.40
16	243.98	218.26	282.15	245.89	247.57
$\bar{X}$	239.84	257.83	260.85	265.06	255.89

A10. Rendimiento de forraje en materia seca por parcela útil (kg/4.32 m<sup>2</sup>)

Repetición	Niveles de Nitrógeno kg/ha				$\bar{X}$
	0	50	100	150	
1	3.02	3.17	2.88	2.50	2.89
2	2.86	2.81	2.45	2.63	2.69
3	2.44	2.28	2.67	2.35	2.44
4	2.58	2.78	2.69	2.66	2.68
5	2.58	2.22	1.91	3.12	2.46
6	2.27	2.21	2.28	1.83	2.15
7	2.14	2.21	2.60	2.45	2.35
8	2.47	1.99	2.50	2.57	2.38
9	1.98	2.05	2.73	2.07	2.21
10	2.24	1.66	1.79	2.59	2.07
11	1.72	1.72	2.12	1.89	1.86
12	3.05	2.22	2.07	2.39	2.43
13	2.94	2.60	2.72	2.70	2.74
14	1.84	2.38	2.02	2.07	2.08
15	2.38	2.75	2.50	2.46	2.52
16	2.21	2.67	2.56	2.25	2.42
$\bar{X}$	2.42	2.36	2.41	2.41	2.40

## A11. Rendimiento de forraje en materia seca (kg/ha)

Repetición	Niveles de Nitrógeno kg/ha				$\bar{X}$
	0	50	100	150	
1	6033.28	7147.97	6551.14	7104.52	6709.21
2	5186.05	6510.65	6312.88	5310.88	5830.12
3	6219.64	4521.63	6189.35	5249.11	5544.93
4	5860.23	6947.75	8302.47	6109.40	6804.96
5	7325.28	5100.00	6374.13	7156.19	6488.87
6	5168.18	5108.10	6551.72	5728.13	5639.03
7	4733.41	6146.67	4331.33	6130.00	5335.35
8	8680.28	5401.09	9322.39	7467.15	7717.73
9	8388.56	6576.92	7255.85	6983.11	7301.11
10	4866.30	5618.92	5279.12	4978.46	5185.70
11	4269.06	4251.73	5260.40	4972.11	4688.32
12	6258.61	4516.06	6826.32	5741.35	5835.58
13	6877.80	6561.36	7465.38	5729.24	6658.45
14	4602.00	4770.60	3886.92	4252.87	3278.35
15	5274.78	6798.78	6709.68	6825.00	6401.56
16	4675.42	4100.46	5072.82	6457.76	5076.61
$\bar{X}$	5901.24	5629.79	6355.74	6012.21	5974.74

A12. Porcentaje de Nitrógeno en el follaje de la planta de sorgo a los 90 días del cultivo.

Repetición	Niveles de Nitrógeno kg/ha				$\bar{X}$
	0	50	100	150	
1	2.62	2.43	2.39	2.39	2.46
2	2.46	2.40	2.36	2.67	2.47
3	2.70	2.58	2.65	2.57	2.62
4	2.42	2.43	2.42	2.52	2.45
$\bar{X}$	2.55	2.46	2.45	2.54	2.50

" FE DE ERRATAS "

En la página 62 del tercer párrafo, dice;  
"parcelas chichas", debe decir "parcelas  
chicas".

En la página 65 del segundo párrafo, dice;  
"Gatarinia", debe decir "Gontarinia".

En la página 7, en el inciso 1 dice;  
"adsorción", debe decir "absorción".

En la página 17, en el inciso 1 dice;  
"Rhozobia", debe decir "Rhizobia".

En la página 72 de la tabla 4 dice;  
"25-v1+81" debe decir "25-v11-81".

**"SERPAL**  
**ENCUADERNACIONES**  
TAPIA 148 OTE TEL. 74-70-41  
MONTERREY, N. L.

