



17  
201

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
CUAUTITLAN**

**“EVALUACION DEL RENDIMIENTO Y  
EFICIENCIA DE DIFERENTES NIVELES  
DEFERTILIZACION NITROGENADA EN  
MAIZ FORRAJERO (Zea mays L.)”**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO AGRICOLA**  
P R E S E N T A :  
**GABRIEL FUENTES GARABITO**



**ASESOR:  
M. C. L. RICARDO CAZAREZ GARCIA**

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1990

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## INDICE GENERAL

	Pág.
INDICE DE CUADROS .....	IV
INDICE DE FIGURAS.....	IX
INDICE DE CUADROS DEL APENDICE.....	XII
RESUMEN.....	XIII
<b>I</b> INTRODUCCION.....	<b>1</b>
<b>II</b> REVISION DE LITERATURA .....	<b>4</b>
2.1 La fertilización Nitrogenada.....	4
2.2 El Nitrógeno.....	11
2.2.1 Funciones del nitrógeno.....	12
2.2.2 Dinámica del nitrógeno.....	14
2.2.3 Formas del nitrógeno en el suelo.....	18
2.2.4 Formas del nitrógeno en la planta.....	19
2.3 Disponibilidad del nitrógeno.....	20
2.4 Absorción nutrimental.....	21
2.5 Etapas fenológicas criticas en cuanto a necesidades de nitrógeno.....	22
2.6 Epocas de aplicación del nitrógeno.....	28
2.7 Fuentes nitrogenadas.....	31
2.7.1 Formas de aplicación.....	33
2.7.2 Dosis de fertilización.....	36
2.7.3 Eficiencia de la fertilización nitrogenada.....	38

	Pág.
III	OBJETIVOS E HIPOTESIS..... 43
3.1	Objetivos..... 43
3.2	Hipótesis..... 43
IV	MATERIALES Y METODOS..... 44
4.1	Características generales de la zona de estudio..... 44
4.1.1	Localización..... 44
4.1.2	Geología..... 44
4.1.3	Hidrología..... 44
4.1.4	Condiciones ecológicas..... 45
4.1.4.1	Clima..... 45
4.1.4.2	Edafología..... 45
4.2	Metodología..... 46
4.2.1	Diseño experimental..... 46
4.2.2	Unidad experimental..... 46
4.2.3	Muestreo de suelos..... 47
4.2.4	Preparación del terreno..... 47
4.2.5	Siembra..... 47
4.2.6	Fertilización..... 48
4.2.7	Tratamientos experimentales y dosificación..... 49
4.2.8	Manejo del cultivo..... 50
4.2.9	Control de maleza..... 50
4.2.10	Control de plagas..... 51

	Pág.
4.2.11	Evaluación de parámetros.....51
4.2.12	Eficiencia de la fertilización nitrogenada.....52
4.2.13	Análisis estadístico.....53
V	RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... 55
5.1	Rendimiento de materia verde (M.V.) en tallo..... 55
5.2	Rendimiento de materia verde en la hoja..... 57
5.3	Rendimiento de materia verde en el fruto.....62
5.4	Rendimiento de materia seca (M.S.) en el tallo..... 67
5.5	Rendimiento de materia seca (M.S.) en la hoja.....75
5.6	Rendimiento de materia seca en el fruto.....77
5.7	Absorción de nitrógeno por el tallo..... 84
5.8	Absorción de nitrógeno por la hoja.....86
5.9	Nitrógeno absorbido por el fruto.....90
5.10	Rendimiento de materia verde en la planta completa.....95
5.11	Producción de materia seca en la planta completa...100
5.12	Nitrógeno absorbido por la planta completa.....105
5.13	Eficiencia de la fertilización nitrogenada.....112
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 115
	BIBLIOGRAFIA..... 118
	APENDICE..... 130

## INDICE DE CUADROS

Cuadro		Pág.
1.-	Importancia relativa estimada de flujo de masas, difusión e intercepción radicular como mecanismos de suministro de nutrientes a las raíces de maíz.....	22
2.-	Tratamientos y dosificación correspondiente al experimento de evaluación y eficiencia de diferentes niveles de fertilización nitrogenada en maíz forrajero cv.H-133.....	50
3.-	Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde en el tallo de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....	58
4.-	Comparación de medias de rendimiento de materia verde en tallo de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....	58
5.-	Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde en la hoja de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada....	63
6.-	Comparación de medias de rendimiento de materia verde en hoja de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....	63

Cuadro	Pág.
7.- Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde del fruto de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....	68
8.- Comparación de medias de rendimiento de materia verde del fruto de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....	68
9.- Análisis de varianza para el rendimiento de materia seca en el tallo de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada....	73
10.- Comparación de medias de rendimiento de materia seca en el tallo de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....	73
11.- Análisis de varianza para el rendimiento de materia seca en la hoja de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....	78
12.- Comparación de medias de rendimiento de materia seca en la hoja de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....	78
13.- Análisis de varianza para el rendimiento de materia seca en el fruto de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada .....	82

Cuadro	Pág.
14.- Comparación de medias de rendimiento de materia seca en el fruto de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....	82
15.- Análisis de varianza para la absorción de nitrógeno por el tallo de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....	87
16.- Comparación de medias de absorción de nitrógeno (kg/ha), por el tallo de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....	87
17.- Análisis de varianza para la absorción de nitrógeno por la hoja de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....	91
18.- Comparación de medias de absorción de nitrógeno (kg/ha), por la hoja de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....	91
19.- Análisis de varianza para la absorción de nitrógeno por el fruto de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....	96
20.- Comparación de medias de la absorción de nitrógeno (kg/ha), por el fruto de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....	96



- 21.- Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde en la planta completa de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....101
- 22.- Comparación de medias de rendimiento de materia verde (kg/ha), en la planta completa de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....101
- 23.- Análisis de varianza para el rendimiento de materia seca en la planta completa de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....106
- 24.- Comparación de medias de rendimiento de materia seca (kg/ha), en la planta completa de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....106
- 25.- Análisis de varianza para la absorción de nitrógeno (kg/ha), por la planta completa de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....110
- 26.- Comparación de medias de la absorción de nitrógeno (kg/ha), por la planta completa de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.....110

27.- Eficiencia de la fertilización nitrogenada en maíz forrajero cv.H-133.....	114
--	-----

## INDICE DE FIGURAS

Figura	Pág.
1.- Curva de crecimiento y desarrollo de un vegetal y su utilización porcentual de nitrógeno.....	23
2.- Gráfica esquemática de la formación de materia seca en maíz con un ciclo de 10 a 11 semanas desde el nacimiento hasta la floración.....	26
3.- Rendimiento de materia verde en tallo de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.....	59
4.- Rendimiento de materia verde en hoja de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.....	64
5.- Rendimiento de materia verde en fruto de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.....	69
6.- Rendimiento de materia seca en tallo de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.....	74

Figura	Pág.
7.- Rendimiento de materia seca en la hoja de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.....	79
8 - Rendimiento de materia seca en el fruto de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.....	83
9.- Nitrógeno absorbido (kg/ha), por el tallo de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.....	88
10.- Nitrógeno absorbido (kg/ha) por la hoja de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.....	92
11.- Nitrógeno absorbido (kg/ha), por el fruto de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.....	97

12 - Rendimiento de materia verde en la planta completa de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.....	102
13.- Rendimiento de materia seca en la planta completa de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.....	107
14.- Nitrógeno absorbido (kg/ha) por la planta completa de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.....	111

## INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

Cuadro	Pág.
1A.- Coeficiente de correlación de las variables estudiadas en maíz forrajero cv.H-133, bajo diversos niveles de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México. ....	131
2A.- Nomenclatura de las variables estudiadas.....	132
3A.- Resultados del análisis físico-químico del suelo correspondiente al sitio experimental.....	133

## RESUMEN

De las variedades de maíz forrajero recomendadas para Valles Altos, una de las que mejor se adaptan a las condiciones climáticas de la región de Cuautitlán, Estado de México, es la H-133. El presente trabajo se realizó con el objeto de evaluar la influencia de diferentes dosis de nitrógeno aplicadas al cultivo de la variedad de maíz antes mencionada, a fin de encontrar la que mejor se adapte a las necesidades nutrimentales del cultivo para lograr una óptima producción de forraje.

Los objetivos planteados fueron:

- Evaluar el rendimiento por unidad de superficie del maíz forrajero, bajo seis tratamientos de fertilización nitrogenada.
- Determinar el contenido de nitrógeno total en la planta completa y sus diferentes órganos.
- Determinar la eficiencia del fertilizante nitrogenado aplicado en los diversos tratamientos.

Para llevar a cabo la parte experimental de esta investigación, se utilizó un diseño de bloques al azar desbalanceado, repitiéndose el testigo (00-40-00) en dos ocasiones en cada bloque, sumando en total 10 unidades experimentales, a diferencia de los demás tratamientos que únicamente se

repartieron en 5 ocasiones; esto con la finalidad de disminuir la variabilidad a que estaba sujeto el experimento, debido a la probable heterogeneidad del suelo.

Se consideraron seis niveles de nitrógeno (0, 40, 80, 120, 160 y 200 kg/ha), conservando una dosis constante de fósforo; la dosificación se realizó aplicando la tercera parte del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra; el resto del nitrógeno se aplicó en la primera labor.

Se evaluó el rendimiento de forraje en base al peso fresco y al peso seco obtenidos en cada tratamiento, así como el nitrógeno absorbido por los diferentes órganos y la planta completa en las diferentes dosis de nitrógeno. Con los parámetros mencionados, se estimó la eficiencia en el uso del fertilizante por la planta.

Con respecto a la producción de forraje en verde y materia seca, el nivel de fertilización con el cual se obtuvieron las mejores respuestas fue la dosis de 80 kg de nitrógeno/ha; se observó que los tratamientos con mayor dosificación presentaron una tendencia descendente respecto al rendimiento, debido a que éstos se vieron afectados por el nivel inicial de fertilidad, al aumentar la disponibilidad del nitrógeno aprovechable en la solución del suelo, provocando con esto un desbalance nutrimental, además de propiciar un desarrollo exuberante de



la planta, elevando el contenido de agua y consecuentemente una baja en la producción de materia seca, además de causar una disminución en la eficiencia de la fotosíntesis/planta, al reducirse la cantidad de luz en las hojas inferiores produciendo así su muerte prematura.

En lo concerniente el nitrógeno absorbido por la planta, los resultados indican que no existieron diferencias significativas entre los tratamientos, obteniéndose una mejor respuesta a la absorción en los tratamientos con niveles de nitrógeno más elevados (160 y 200 kg de nitrógeno/ha); se estima que el exceso de nitrógeno absorbido provocó además de probables desbalances nutrimentales, un retraso en la madurez en estos tratamientos.

## 1.- INTRODUCCION

El maíz constituye el alimento básico de mayor importancia en nuestro país y en casi todos los demás de América. En México, se calcula que esta especie cubre alrededor del 51% del área total bajo cultivo (González, 1983), aunque debido a problemas de insuficiencia alimentaria, se cultiva principalmente para satisfacer demandas de autoconsumo, por lo que en el mercado industrial existen fuertes deficiencias. Es por esto que resulta inaplazable lograr mediante técnicas adecuadas un incremento en la productividad relativa a esta especie (Amezcuca y Meza, 1986).

La producción de forrajes también reviste gran importancia, ya que es la fuente principal de la alimentación de 45 millones de bovinos, caprinos y ovinos, los cuales a su vez producen más de 5,000 millones de litros de leche y alrededor de 617 millones de kilogramos de carnicos al año. Esta producción, sin embargo, es insuficiente para satisfacer la demanda de la población, cuyo crecimiento es superior al 3% anual. De lo antes expuesto, se desprende la importancia que tienen los programas de investigación de forrajes, para resolver los problemas actuales que enfrenta el productor, generando nuevas alternativas que hagan más eficiente y costeable el proceso productivo mencionado. Este proceso se enfrenta a diversas limitantes, destacándose por su importancia, la presencia de

plagas, enfermedades, prácticas inadecuadas de manejo y el limitado uso de variedades adaptadas y fertilizantes (CAE-VAMEX, 1981)

Con la finalidad de disminuir el costo de producción de la leche o los diferentes cárnicos, se requiere de especies forrajeras que por una parte, sean susceptibles de adaptarse a la región de que se trate, que presenten rendimientos económicos y satisfactorios en cuanto a su calidad y que además, puedan conservarse o pastorearse en las épocas críticas, cuando la generalidad de las plantas forrajeras tienden a escasear (García, citado por Amezcua y Meza, 1986).

El maíz constituye uno de los principales cultivos que se utilizan en el ciclo de invierno en forma de ensilado, en las explotaciones lecheras del Valle de México, debido a su rápido crecimiento y elevados rendimientos de forraje durante su época productiva, tanto en suelos bajo riego, como en zonas temporaleras.

Según información de la Dirección General de Economía Agrícola, de 1963 a 1973, en el Estado de México se presentaron incrementos considerables en la superficie cultivada, así como el rendimiento promedio por unidad de superficie de maíz aunque sin satisfacer aún las necesidades forrajeras de los establos ubicados en el propio estado (SARH-DGEA, 1981).

Sin embargo, el conocimiento intrínseco de las mejores variedades, adaptadas a la región, de las condiciones agroclimáticas particulares y de los niveles más apropiados de fertilización, sobre todo del nitrógeno, dado las características propias del cultivo forrajero en cuestión, conlleva la posibilidad de mejorar paulatinamente los rendimientos unitarios, además de lograr un acercamiento sucesivo de las dosis óptimas recomendables para cada condición específica de producción (Cázarez, 1988).

El objetivo de la presente investigación fue la de evaluar la influencia de la fertilización nitrogenada a distintas dosis en el rendimiento del maíz, establecido con fines de potencial productivo para forraje, así como la variación en el contenido de dicho nutrimento, en los órganos de la planta.

## II.- REVISION DE LA LITERATURA

### 2.1. La Fertilización Nitrogenada.

La necesidad de incrementar la producción de alimentos, aunada a los diversos ambientes ecológicos que existen en nuestro país, hacen imprescindible la investigación agronómica, con el afán de crear variedades de especies con mejores perspectivas de rendimiento, además de intentar definir con mayor apego a la fertilidad de los propios suelos, las aplicaciones de fertilizantes más adecuadas, entre otros factores o componentes de los paquetes tecnológicos existentes. Esta elevada demanda de alimentos, dada la creciente población mexicana, solo se podrá resolver mediante la optimización de la agricultura, a través del máximo aprovechamiento de los recursos, como son los fertilizantes (Vázquez, 1977).

La fabricación de fertilizantes en México, a nivel comercial, se remonta a 1950 y a pesar de la alta producción reportada en los últimos años, sobre todo de fertilizantes nitrogenados, aún es insuficiente para satisfacer las demandas internas del país.

Este déficit, se debe en parte a las nuevas tecnologías productivas que se han desarrollado, sobre todo en las zonas temporaleras, en donde antiguamente se le prestaba poca atención al uso de fertilizantes, y que ahora se refleja en un incremento tanto en la superficie fertilizada, como consecuentemente en la demanda de productos (Castro, 1974).

Los cereales constituyen especies vegetales con elevada capacidad productiva y por ello, también requieren mayores dosificaciones de fertilizantes nitrogenados para asegurar altos rendimientos (Cooke, 1983).

La información necesaria para la determinación de recomendaciones de fertilizantes, dignas de confianza para un cultivo dado, incluye el nivel inicial de fertilidad del suelo y a la familia matemática de funciones de respuesta con sus respectivas probabilidades (Laird y Rodríguez, 1965).

Aunque el maíz necesita los mismos nutrientes que otras plantas cultivadas, las condiciones particulares del suelo y las prácticas culturales, determinan la cantidad extra de fertilizante que deberá ser aplicado y por ello, las recomendaciones generales acerca de la cantidad requerida para tal o cual cultivo no son técnicamente recomendables, por lo que una forma de planear la fertilización, es basándose en las conclusiones de experimentos de fertilización, efectuados en condiciones semejantes a los de los propios agricultores (Cooke, 1983).

El crecimiento y desarrollo normal del cultivo de maíz está determinado por la disponibilidad de ciertos elementos químicos esenciales para el metabolismo de sus órganos y la falta de alguno de ellos afecta directamente la vida del mismo o la

limita, provocando transtornos en los procesos fisiológicos (Rodríguez, 1982).

Eberhart y Sprague, (1978) señalan que el maíz es una planta que requiere de suelos con alto nivel de fertilidad, profundos y bien drenados, nitrógeno abundante y cantidades elevadas de fósforo y potasio. En el caso del establecimiento de maíz con una elevada densidad de población y cuya finalidad es la de producir abundantes cantidades de forraje, con alto contenido protéico, la fertilización nitrogenada constituye un factor medular (Jacob y Uexull, 1964).

Laird et al., (1954) al reportar los resultados de 197 experimentos conducidos en trece estados del país durante el periodo de 1945-52 y que consistieron en estudiar el efecto de la fertilización nitrogenada, fosfórica y potásica a diversos niveles, y el fraccionamiento de nitrógeno en el cultivo del maíz bajo condiciones de temporal, señalaron que, con respecto a los rendimientos del maíz, 130 de ellos respondieron al nitrógeno (73.4%), 63 a fósforo (36.6%) y solamente 4 al potasio (2.3%).

Hughes et al., (1972) y Cadena (1973), mencionan que el rendimiento del maíz está determinado por varios factores, entre los que se encuentran la humedad aprovechable en el suelo, (puesto que dicho cultivo requiere de abundante agua

para desarrollarse), las altas densidades de población, (las cuales reducen el rendimiento de grano/ha) y el genotipo, debido a que existen variedades que son menos afectadas por las altas densidades.

Dungan et al., citados por Fallares, (1971), indican que cuando la humedad y los nutrientes no constituyen limitantes, el rendimiento se incrementa al aumentarse la población, hasta un punto en que el primero disminuye agudamente por planta, debido principalmente según Núñez y Kamprath (1969), a la disminución del área foliar por planta y consecuentemente su capacidad fotosintética.

Dueñas (1977), concluye en que la producción de las distintas fracciones de la planta de maíz se ve afectada por los niveles de densidad empleados, ya que se observó que con altas densidades, las partes vegetativas (hojas y tallo) aumentaron mientras que el rendimiento del elote disminuyó considerablemente.

El rendimiento de materia seca del híbrido H-127 fue afectado por la interacción nitrógeno-densidad, encontrándose que la dosis de nitrógeno a aplicarse deber ser proporcional al número de plantas por unidad de superficie.

Milton, citado por Hughes et al., (1972) y Aldrich, citado por Dueñas (1977), hacen referencia en sus respectivas



investigaciones, a la diferencia que existe entre las variedades de ciclo largo y corto, para producir forraje. El primero menciona que se presentaron mayores rendimientos en aquellas de ciclo largo, llegando a producir 57 ton de forraje verde por hectárea, comparadas con las de ciclo corto, las cuales presentaron un rendimiento de 25 ton/ha bajo las mismas condiciones. El segundo autor mencionado trabajó con diferentes maíces mejorados y encontró que las variedades de ciclo largo produjeron más forraje para ensilar que las variedades de ciclo corto cuando ambas fueron sometidas a altas densidades de población.

Eddowes, citado por Sánchez (1972), trabajó con maíz en la producción de forraje con diferentes poblaciones y niveles de fertilidad, y encontró que la producción de materia seca no fue influida por la población comprendida entre 89,000 y 220,000 plantas/ha observó que en la población menor, la mazorca maduraba más rápidamente. La máxima producción de maíz en mazorca se obtuvo con una densidad de 89,000 plantas/ha y la máxima producción de forraje, con 96,000 plantas/ha.

Huerta y Núñez (1969), estudiaron la relación entre la distancia entre surcos y el rendimiento de grano de maíz bajo diferentes densidades de población y dosis de nitrógeno, encontrando que el mayor rendimiento de grano por unidad de superficie se presentó cuando la distancia entre surcos fue

menor; atribuyéndola a una mejor distribución de las plantas en el terreno con ellos una mejor captación de la energía solar, situación que observaron en las tres densidades de población que estudiaron. También encontraron que el rendimiento de grano y el número de macollos por planta disminuyeron al aumentar la densidad de población.

Sánchez, citado por Dueñas (1977), realizó estudios con respecto al efecto de la humedad del suelo (10, 20, 30 y 40% de humedad aprovechable), la fertilización nitrogenada (100, 120, 140 y 160 kg de nitrógeno/ha), con un nivel constante de fósforo de (60 kg/ha de  $P_2O_5$ ), y la población (50, 60, 70 y 80 mil plantas/ha), en la producción de grano, materia seca y el consumo de agua, encontrando que para la producción de materia seca no hubo diferencia estadística significativa para las variables estudiadas, sin embargo, la mayor producción se obtuvo con 50,000 plantas/ha, 10% de humedad aprovechable y 140 kg de nitrógeno/ha, con un rendimiento de 16,835 kg/ha; señala además que para un bajo nivel de humedad (10%), a medida que aumenta la fertilidad disminuye la producción.

Fuering et al., citados por Cadena (1973), al investigar la fertilización del maíz con nitrógeno, fósforo, sulfato, cloro, zinc, boro y manganeso en diferentes poblaciones y después de ocho experimentos realizados, concluyeron que la aplicación del nitrógeno elevaba la producción, pero a medida que se aumentaba

la cantidad de unidades de nitrógeno, (a niveles altos), el incremento en rendimiento era más pequeño.

En nuestro país, el mayor consumo de fertilizantes nitrogenados corresponde al sulfato de amonio, urea, nitrato de amonio y el fosfato diamónico. El sulfato de amonio es el producto que más se consumió en un principio, debido a las importaciones del mismo y porque fue el primer fertilizante nitrogenado que se produjo en el país.

La necesidad de utilizar fertilizantes nitrogenados de mayor concentración, trajo consigo la producción y consumo de la urea y el amoniaco anhidro, aunque éste último solo se aplica en zonas de mecanización avanzada.

En términos generales, los fertilizantes nitrogenados son bastante solubles en agua; en el suelo se hidrolizan y se descomponen en amoniaco ( $\text{NH}_3$ ), ión amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), nitritos ( $\text{NO}_2^-$ ) y nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ). Los  $\text{NO}_2^-$  rápidamente se transforman en nitratos por oxidación. El  $\text{NH}_4^+$  es absorbido por algunas plantas, aunque más comúnmente se transforma en  $\text{NO}_3^-$  (FERTIMEX, 1981).

Del nitrógeno añadido al suelo en forma de fertilizante, solo del 40 al 70% es recuperado por las plantas. En suelos arenosos y regiones muy lluviosas, la recuperación puede ser menor,

debido a mayores problemas de lavado. Un fertilizante menos soluble, o de lenta liberación, puede reducir las pérdidas de baja recuperación de nitrógeno. Desafortunadamente, los materiales que se liberan lentamente, reducen las pérdidas por lavado, pero también se disuelven muy lentamente de acuerdo al tiempo de necesidades de nitrógeno (Donahue et al., 1977).

La obtención de fertilizantes está ligada a unas fuentes de materias primas que en unos casos son agotables y en otros no. El nitrógeno, tenía antes fuentes muy limitadas, pero actualmente se dispone de la fuente inagotable del aire, gracias al método industrializable de la síntesis del amoníaco, a partir del nitrógeno atmosférico, realizado por Haber y Bosch, en 1913 (Primo y Carrasco, 1981).

## 2.2. EL NITRÓGENO.

En la agricultura, gran parte del nitrógeno que consumen las plantas y que suelen recibir en forma de fertilizantes nitrogenados, proviene sobre todo del nitrógeno elemental, que se fija químicamente por procesos industriales.

Quizá no sea exagerado afirmar que la deficiencia de nitrógeno, más que la de cualquier otro nutrimento, es la que con mayor frecuencia limita el crecimiento de las plantas, pues éstas lo necesitan en grandes cantidades (Black 1975).

Las plantas y los animales requieren cantidades considerables de nitrógeno para asegurar la respiración, crecimiento y reproducción. Generalmente, este elemento se encuentra en los lugares de crecimiento activo, como los extremos de los brotes, las yemas y las hojas tiernas.

Para conseguir la apropiada utilización del nitrógeno, es necesario que los demás nutrientes esenciales para las plantas, se encuentren en proporciones equilibradas (Box, 1979).

#### 2.2.1 Funciones del nitrógeno.

El nitrógeno constituye parte de la estructura de la clorofila, el pigmento verde que hace posible el proceso fotosintético; es componente básico de las proteínas y se encuentra en todas las células vivientes vegetales o animales; contribuye al rápido crecimiento de las plantas, aumenta el rendimiento de semillas y frutos, mejora la calidad del follaje y por lo mismo las cosechas forrajeras. Es elemento clave en la producción de cosechas y su aplicación acelera ligeramente la maduración de la mayoría de éstas, aunque en exceso puede causar mayor desarrollo vegetativo retardando así la madurez (Bert, 1964; Black 1975 y Box 1979).

En el maíz, el nitrógeno realiza funciones tales como estimular al crecimiento, controlar la asimilación de otros elementos como el fósforo, potasio y calcio, incrementa el contenido de

grasas y proteínas, produciendo mayor succulencia en los tejidos (Garza, 1976).

El nitrógeno es un elemento muy móvil y una vez en el interior de las células pasa a constituir las bases nitrogenadas para las distintas funciones fisiológicas; ingresa en la formación de aminoácidos, luego éstos entran en la síntesis de los protidos y las proteínas del vegetal (Rodríguez, 1982).

Según Perman et al., citados por Sandoval (1987), altas dosis de nitrógeno aplicado al suelo incrementan el número de espigas de trigo y poco el número de granos por espiga, debido al desarrollo de más espiguillas por espiga; el incremento en nitrógeno aplicado, eleva el peso seco del grano, el peso de la planta en antesis y el área foliar, relativamente más que el rendimiento en grano; en tanto que sin nitrógeno se pierde más peso seco del tallo entre antesis y madurez.

Bejarano, citado por Amezcua y Meza (1986), indica que en un suelo rico en nitrógeno, el aumento en la dosis de este elemento produce una disminución en el número de hojas por planta.

Buckman y Brady (1977), señalan que el nitrógeno puede retardar la maduración del grano al favorecer excesivamente el crecimiento vegetativo, puede debilitar los tallos y favorecer así el acamado y además disminuir la resistencia a las

enfermedades.

Jussiaux, citado por Dueñas (1977), señala que el nitrógeno en el cultivo del maíz, favorece el desarrollo vegetativo, aumenta el contenido de materia nitrogenada y aumenta el rendimiento de forraje por unidad de superficie. Según Núñez y Kamprath, la eficiencia fotosintética es mayor cuando la planta dispone de más nitrógeno (Pallares, 1971).

Watson, citado por Figueroa (1972), concluye en que el área foliar y otros atributos de la planta son fuertemente influenciados por la nutrición principalmente nitrogenada; además, indican en su estudio que el área foliar de aquellas plantas que recibieron elevadas dosis de nitrógeno eran más grandes y en mayor número que aquellas hojas cuyas plantas recibieron bajas dosis de éste elemento, ya que éste afecta tanto la división celular como el tamaño de las células.

#### **2.2.2. Dinámica del nitrógeno.**

El ciclo del nitrógeno en el suelo representa solamente una parte del ciclo total del mismo en la naturaleza; la disponibilidad de este elemento es de gran importancia para las plantas, las cuales absorben nitratos y amonio, que utilizan en la síntesis de proteínas y otros compuestos orgánicos vegetativos. Cuando los restos animales y vegetales vuelven al suelo, son objeto de numerosos procesos de transformación,

en su mayoría de carácter biológico. A través de los procesos microbianos de fijación del nitrógeno, se produce un enriquecimiento en el suelo. Todos estos procesos dinámicos llevan una serie de transformaciones de los compuestos nitrogenados en los suelos. Así, resulta que el contenido y las formas de nitrógeno en el suelo no presentan una naturaleza estática, sino más bien dinámica (Fassbender, 1975).

El nitrógeno incorporado en suelos cultivables procede de materiales como restos de cultivo, abonos verdes, estiércoles, fertilizantes comerciales, sales amónicas y nitratos producidos por la precipitación. Además, existe la fijación del nitrógeno atmosférico realizada por ciertos microorganismos.

Las pérdidas se pueden deber a la remoción por parte del cultivo, al drenaje, la erosión y pérdida en condiciones gaseosas, tanto en forma elemental como en compuestos orgánicos (Buckman y Brady, 1977).

El nitrógeno en forma amoniacal puede ser fijado en las posiciones de intercambio catiónico de las arcillas o de la materia orgánica, reduciéndose de esta manera su pérdida por lavado, mientras que en los suelos calcáreos o alcalinos y más aún si están secos, el nitrógeno se volatilizará en forma de amoníaco. Por otra parte el ion nitrato no está retenido en el complejo de intercambio iónico del suelo: a éste se debe su



gran movilidad en el mismo y por lo tanto que pueda perderse por lavado. En otro caso, bajo condiciones de anaerobiosis, los nitratos pueden reducirse a óxidos de nitrógeno o a nitrógeno elemental, perdiéndose en forma gaseosa, fenómeno conocido como desnitrificación (Castro, 1974).

Una sequía prolongada después de una fertilización impide la absorción oportuna del nitrógeno por parte de la planta y propicia la volatilización de las formas amoniacales; en cambio una lluvia de tipo persistente puede favorecer la lixiviación o la desnitrificación de las formas nítricas (Castro, 1974).

Troughton, citado por Black (1975), señala que los efectos del amonio son más extremos que los del nitrato; el amonio se combina rápidamente con los ácidos orgánicos de las plantas, mientras que el nitrato debe ser reducido a la forma amoniacal antes de ser metabolizado a formas orgánicas.

Las plantas pueden emplear el amonio o el nitrato, además de reducir este último, a amonio, que posteriormente se transforma en amino ( $-NH_2$ ), quedando así en una forma apropiada para la formación de proteínas o sustancias similares (Thompson y Troeh, 1980).

Knipmeyer et al., citados por Pallares (1971), indican que una reducción en la intensidad de luz recibida afecta adversamente el metabolismo del nitrógeno, disminuyendo la actividad de la

nitrato reductasa y favoreciendo así la acumulación de nitratos, lo cual afecta desfavorablemente el rendimiento.

Al presentarse lapsos de sequía, se observa poca actividad en la acumulación de materia seca y de nitrógeno en la planta y sus partes, siendo importante la translocación de éste y de fotosintatos en general, de las hojas y tallos hacia la espiga, debido a que se observa que ésta no sufre los cambios y sigue acumulando peso y extrayendo dicho elemento de manera normal; no así, las hojas y tallos, en que ocurre contrariamente, una disminución (Mengel y Kirkby, 1978).

El xilema es el principal conducto de la planta en el transporte de los nitratos y del nitrógeno reducido por la raíz; se hace mención además que el 95% del nitrógeno en la savia del xilema está en forma de nitratos, en contraste con el floema en que el nitrógeno transportado es en forma de solutos orgánicos.

El nitrógeno absorbido del medio puede ser directamente utilizado por el órgano o bien puede ser inmediatamente translocado.

En estudios realizados en trigo se encontró que el floema no inhibe la retranslocación del nitrógeno hacia el grano, así mismo, la demanda que pudiera tener el grano no necesariamente tiene que ser un requisito para que se dé.

La pérdida en los niveles de nitrógeno absorbido a través del crecimiento de trigo, en las diferentes partes de la planta, evidencia la retranslocación del nitrógeno de otros órganos de la planta a la espiga; las partes jóvenes de la planta tienden a acumular más nitrógeno en sus primeras etapas del desarrollo, que luego se translocan hacia el grano; así mismo, la etapa de complementación del nutriente, tiene efectos en la distribución de este elemento en la planta (Martín y Platz; Yoneyama; citados por Sandoval, 1987).

### 2.2.3. Formas del nitrógeno en el suelo.

El nitrógeno elemental ( $N_2$ ) se encuentra en forma gaseosa en la atmósfera y en forma disuelta en el agua del suelo. En los suelos secos se encuentra absorbido en la superficie de los sólidos. El nitrógeno en el suelo puede ser clasificado como inorgánico y orgánico.

En formas inorgánicas combinadas, el nitrógeno se presenta en los suelos como óxido nitroso ( $N_2O$ ), óxido nítrico ( $NO$ ), dióxido de nitrógeno ( $NO_2$ ), amoníaco ( $NH_3$ ), amonio ( $NH_4^+$ ), nitrito ( $NO_2^-$ ) y nitrato ( $NO_3^-$ ). Los cuatro primeros son gases y están en bajas concentraciones. Los tres últimos están en formas iónicas en el suelo y en la solución del suelo. El nitrito y el nitrato ocurren casi exclusivamente como iones difusibles en la solución del suelo. Las formas orgánicas del

nitrógeno del suelo se encuentran como aminoácidos y proteínas consolidados, aminoácidos libres, aminoazúcares, y otros complejos, generalmente compuestos no identificados (Black; Tisdale y Nelson; citados por Pulido, 1987).

El nitrógeno orgánico ingresa al suelo por los tejidos y órganos de los vegetales y animales y los respectivos desechos; este nitrógeno orgánico constituye más del 85% del nitrógeno total existente en el suelo (Rodríguez, 1982).

#### **2.2.4. Formas del nitrógeno en la planta.**

En las plantas, el nitrógeno se encuentra tanto en forma orgánica como inorgánica. Las formas inorgánicas de nitrógeno combinado, usualmente conforman solo una pequeña proporción del total. Las formas orgánicas son las que predominan y entre éstas las proteínas son los componentes fundamentales (Pulido, 1987).

La planta puede también absorber directamente el nitrógeno amoniacal del suelo sin previa nitrificación. En la primera fase de vida, las plantas muestran preferencia por el nitrógeno amoniacal, que utilizan más rápidamente que el nítrico en los procesos de síntesis de proteínas (Gros, 1981).

Entre los compuestos nitrogenados se cuentan los aminoácidos, los ácidos nucleicos, algunas enzimas y materiales

transportadores de energía, como la clorofila, ADP (adenosin difosfato) y ATP (adenosin trifosfato) (Thompson y Troeh 1980).

### 2.3. Disponibilidad del nitrógeno.

En la mayoría de los suelos cultivados, la capa arable contiene entre 0.02 y 0.4% de su peso en nitrógeno. La cantidad presente en cada caso particular, está sobre todo determinada por la influencia general del clima y por el tipo de vegetación que éste condiciona; estos factores a su vez, son modificados por las características locales de la topografía, el material madre, la actividad del hombre, así como por la duración de los periodos en los que estos factores actúan.

La influencia del clima, la temperatura y el suministro de agua es preponderante en la determinación del contenido de nitrógeno de un suelo. La causa reside en el ritmo de crecimiento de la vegetación, en la velocidad a la que se descompone y hasta un punto determinado, tanto el ritmo de crecimiento como el contenido de nitrógeno en el suelo aumentan según el suministro de agua. La reserva de nitrógeno en el suelo es mayor cuanto menor es la pendiente y viceversa (Engelstad et al., citados por Black, 1975).

La cantidad de nitrógeno disponible en el suelo es fluctuante, también, debido a la actividad microbiana que inmoviliza (por

su propia actividad) y libera constantemente nitrógeno. Así, en suelos con barbechos en descomposición, el nitrógeno liberado es mayor con las altas temperaturas estivales y menor en invierno, además en las épocas de altas precipitaciones su lixiviación es mayor (Rodríguez, 1982).

#### **2.4. Absorción nutricional.**

Algunos autores consideran que las soluciones del suelo constituyen un intermediario indispensable entre las arcillas y el suelo. Otros, por el contrario, estiman que la nutrición mineral se efectúa por intercambio directo entre las raíces y el suelo. El complejo absorbente desempeña por lo tanto, un papel fundamental puesto que constituye un almacén de elementos nutritivos inmediatamente utilizables (Duchaufour, 1978).

El agua con los nutrientes disueltos (solución del suelo), se mueve del suelo a las raíces. De aquí, los nutrientes son absorbidos a las células de la planta por diferentes mecanismos:

- a).- Flujo de masas.
- b).- Difusión.
- c).- Intercepción radicular.

La importancia relativa de cada una de estas formas se muestran en el Cuadro 1.

Gaucher (1971), considera que un elemento es inasimilable

Cuadro 1.- Importancia relativa estimada, de flujo de masas, difusión e intercepción radicular como mecanismos de suministro de nutrientes a las raíces de maíz, según Donahue et al., (1977).

Nutriente	Porcentaje aproximado suministrado por		
	Flujo de masas	Intercepción	Difusión
Nitrógeno.....	98.8.....	1.2.....	0
Fósforo.....	6.3.....	2.8.....	90.9
Potasio.....	20.0.....	2.3.....	77.7
Calcio.....	71.4.....	28.6.....	0
Azufre.....	95.0.....	5.0.....	0
Molibdeno.....	95.2.....	4.8.....	0

cuando es inmóvil, por ejemplo incorporado a una molécula sólida mineral u orgánica; por lo tanto, se deduce que la absorción se dirige esencialmente sobre los iones en solución acuosa o fijados por los gránulos del complejo absorbente.

#### 2.5. Etapas fenológicas críticas en cuanto a necesidades de nitrógeno.

La absorción de nitrógeno tiene lugar, especialmente en las

cinco semanas que transcurren desde diez días antes de la floración, hasta veinticinco o treinta días después de ella. Durante este periodo, la planta extrae el 75% de sus necesidades totales (Guerrero, 1981).

En la Figura 1 se presenta una curva típica de requerimiento de nitrógeno teniendo en cuenta los estados de crecimiento y desarrollo de un cultivo y la utilización en porcentaje del mismo.

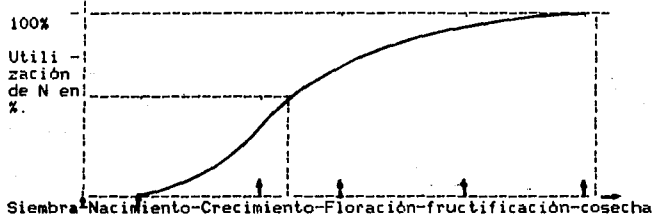


Figura 1.- Curva de crecimiento y desarrollo de un vegetal y su utilización porcentual de nitrógeno (Rodríguez, 1982).

La planta de maíz elabora casi la mitad de su materia seca total durante el tercer mes de su ciclo vegetativo (Muñoz, 1971).

Hoffer y Krantz, citados por Garza (1976), señalan que la planta de maíz utilizó más nitrógeno que cualquier otro



elemento, y aunque es necesario durante todo el ciclo de desarrollo, su mayor absorción se verifica desde dos semanas antes hasta tres semanas después de la floración, llegando su requerimiento hasta 4 kg/ha diarios. Durante este periodo, es asimilado la mitad del nitrógeno.

Muñoz (1971), en un ensayo de fertilidad y rendimiento en maíz en la región de Matamoros, Tamps., observó que durante los primeros meses, el maíz extrajo 67 kg/ha de nitrógeno (41% de su consumo total). La mayor extracción ocurrió durante el espigamiento y jiloteo, en el tercer mes, cuando el maíz utilizó 77 kg, casi la mitad de sus requerimientos. En esta última parte del periodo, las plantas absorbieron un promedio de 4.5 kg de nitrógeno por hectárea/día.

En el primer estadio de desarrollo, la planta de maíz absorbe una cantidad de nitrógeno superior a sus necesidades. Cuando se presenta un periodo de sequía, el elevado contenido en nitrógeno de la planta le permite continuar formando las proteínas que son necesarias para continuar desarrollando sus raíces, y así absorber el agua y nutrientes que se encuentren en el suelo (Thompson y Troeh, 1980).

En trigo, Sandoval (1987), concluyó que los mejores rendimientos de grano a la cosecha, fueron aquellas con dosis altas de nitrógeno y aplicado en las primeras etapas

fenológicas del cultivo; relacionándose esto con la acumulación de materia seca y contenido de nitrógeno.

Doorembos y Kassam, citados por el mismo autor, mencionan que un déficit de humedad al inicio del desarrollo del cultivo de trigo, propician el desarrollo de macollos; con una buena disponibilidad de agua y aplicaciones fuertes de nitrógeno, se incrementa la proteína y los periodos críticos se presentan en la floración y llenado de grano.

En la Figura 2 se observa el porcentaje de acumulación de materia seca en el ciclo completo del maíz, destacándose como periodo crítico (en la demanda de agua y nutrientes, principalmente de nitrógeno) el lapso que incluye la floración de grano, absorbiendo en ese periodo de 5 a 6 semanas, un 70% del nitrógeno total y un 60% del fósforo. La distribución del nitrógeno dependerá del ciclo de la variedad.

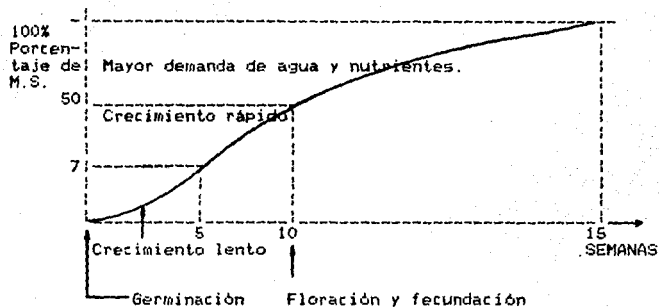


Figura 2.- Gráfica esquemática de la formación de materia seca en maíz con un ciclo de 10 a 11 semanas desde el nacimiento hasta la floración (Rodríguez, 1982).

En los primeros días, la escasez de nutrimentos no es fundamental, pero a medida que las raíces comienzan a nutrir a la planta joven, la escasez de los elementos primarios, puede retrasar seriamente el crecimiento y desarrollo (Aldrich y Leng, 1974).

Torres (1983), señala que casi todos los cultivos tienen un periodo crítico durante la floración, (poco antes o poco después) es por esto, que para estudiar las causas de la variabilidad de los rendimientos, resulta fundamental conocer la fecha de floración de las distintas variedades.

En el maíz, cuando surge la panoja y puede verse el ápice del vástago correspondiente a la espiga, comienza a disminuir la velocidad de crecimiento de la planta y se inician las etapas finales de preparación para la floración. La planta ha alcanzado su altura definitiva y utiliza la mayor parte de su energía en la producción de polen maduro y en la formación de la estructura de la mazorca y espiga. Estos dos procesos requieren gran cantidad de proteínas. Si las condiciones de crecimiento han sido desfavorables, especialmente si ha habido deficiencias en el metabolismo del nitrógeno, disminuirá el tamaño de la espiga en formación. Dentro del mecanismo de control de la planta, en esta etapa la formación de la panoja y del polen tendrían prioridad sobre la de la espiga. Esta etapa, (especialmente las tres últimas semanas), es el periodo más expuesto para el desarrollo de la planta del maíz. Los elevados requerimientos de principios nutritivos, agua y de productos "constructivos" del metabolismo hacen que en esta etapa cualquier deficiencia (especialmente de nitrógeno) o defecto de funcionamiento sean particularmente serios (Aldrich y Leng, 1974).

## 2.6. Epocas de aplicación del nitrógeno.

La necesidad tanto de elementos mayores, como de aquellos considerados como menores debido al bajo volumen requerido, es diferente según sean las regiones agrícolas y aún dentro de una misma región existen diferencias en el contenido de nutrimento de los suelos. Se encuentran casos tan extremos de heterogeneidad de éstos que en pocos metros pueden detectarse diferencias. Por otra parte, no todas las especies cultivadas requieren las mismas cantidades de los diversos nutrimentos (Robles, 1978).

La literatura agrícola y en especial la relacionada con la nutrición vegetal y la fertilización, reporta la conveniencia de fraccionar adecuadamente el tratamiento en cuanto al factor nitrógeno, sobre todo en ciclos de verano o temporaleros debido a diversas condiciones ambientales y edáficas como son el nivel de precipitación en el ciclo, la presencia de altas temperaturas, humedad relativa ambiental, evapotranspiración de los cultivos etc. Estos factores, cada uno en distinta forma o manera influyen determinadamente en la eficiencia relativa de la fertilización nitrogenada, ya que el nitrógeno presenta una alta movilidad en el suelo debido fundamentalmente a las características propias del nitrato, (forma más asimilable por las plantas).

Dentro de esta problemática, es importante también considerar

los factores económicos que trae consigo el hecho de realizar el fraccionamiento respectivo, pero sin embargo en forma mínima, al dosificar el tratamiento en dos aplicaciones se asegura una mayor eficiencia de la fertilización que aún de por sí según Pineda et al., (1986), guarda normalmente una proporción del 50 al 60% como promedio en el caso específico del temporal.

La oportunidad de aplicación más adecuada del fertilizante nitrogenado, también ha sido estudiada por algunos investigadores y mientras Méndez y Maldonado; citados por Pineda et al., (1986), no encontraron diferencia entre las épocas de aplicación, Prew et al., citados por Sandoval (1987), si detectaron diferentes respuestas al fraccionamiento e indican que una aplicación temprana de nitrógeno al trigo, incrementa el peso de la materia seca y el consumo de este nutrimento.

Pineda (1980), en un estudio de la dinámica del nitrógeno y la relación suelo-planta, apreció que una mayor respuesta del rastrojo que del grano a la fertilización más temprana, aplicando también la mitad a la siembra y la otra mitad a los treinta días posteriores.

Andrade (1976), señala que el aprovechamiento más eficiente del nitrógeno fue cuando éste se aplicó en la siembra y en la segunda labor.

Cuando se realizan aplicaciones de nitrógeno en la siembra, la planta satisface su necesidad de nutrientes provenientes del suelo desde su germinación, iniciando así un desarrollo vegetativo más vigoroso, lo que hace posible una mayor producción de tallos y hojas y que finalmente se refleja en los rendimientos de rastrojo. Pero cuando la aplicación de nitrógeno inicial se realiza en la primera o segunda labor, el cultivo se ve afectado por una deficiencia de nitrógeno en la etapa inicial de su desarrollo. En las tierras blancas de aluvión de la zona maicera de los E.E.U.U. el nitrógeno se aplica al momento de la siembra y un mes después de sembrar (Chávez, 1970).

En suelos arcillosos, Dimitrenko y Didychenco, citados por Pérez (1970), encontraron que aplicaciones únicas o parciales de cantidades análogas de nitrógeno, al maíz de temporal, hechas en diferentes épocas de desarrollo del cultivo, no resultaban más efectivas que una sola aplicación, realizada al momento de la siembra.

Como el fertilizante nitrogenado es probable que sea lavado de la superficie del suelo por las lluvias fuertes y particularmente en el invierno, según Cooke (1983), las aplicaciones se deben efectuar en el tiempo oportuno para asegurar que la planta tenga nitrógeno disponible cuando lo necesite y también evitar su desperdicio.

Bruce y Tyner, citados por Pérez (1970), en la Estación Central Experimental de la Universidad de Filipinas y en suelos arcillo limosos, desarrollados sobre piedras volcánicas ácidas muy pobres, observaron que la mejor respuesta en maíz de temporal producido durante la estación húmeda, ocurría cuando se aplicaba el 25% del total del nitrógeno en forma de banda, al momento de sembrar, cuatro semanas después se aplicaba y se cubría en el lomo del surco el 50% del nitrógeno y finalmente tres semanas después de la segunda aplicación, se distribuía el 25% restante del nitrógeno, cubriéndose con una labor de escarda.

#### 2.7. Eventos nitrogenados.

En la actualidad se dispone de una gran variedad de fertilizantes nitrogenados como el sulfato de amonio (20.5% N), cloruro de amonio (24% N), urea (46% N), fosfato diamónico (18% N), el nitrato de calcio (15.5% N) y los nitrofosfatos, además de las fórmulas complejas (N-P-K) (FERTIMEX, 1981).

Castro (1974), señala que existe una variación en la eficiencia relativa de los fertilizantes nitrogenados aplicados en diversas dosis, cultivos y condiciones ambientales y que los resultados varían dependiendo de las condiciones de cada estudio.

Villalpando, citado por Vázquez (1977), estudió el efecto de



dos fuentes de fertilizantes nitrogenados (nitrato de amonio y urea), en el rendimiento de maiz con 13 experimentos localizados en el Estado de Tlaxcala y concluyó que las fuentes no afectaron significativamente el rendimiento del maiz.

El CIASEM, citado por Pineda et al., (1986), en ciertos suelos encontró mejores resultados con urea que con nitrato y sulfato de amonio, mientras que en otros suelos no encontró diferencias.

En términos generales los fertilizantes nitrogenados son bastante solubles en agua; las reacciones de estos fertilizantes tienen efectos residuales que es necesario considerar. El nitrato de amonio, cloruro de amonio y fosfato monoamónico, incrementan la acidez del suelo. La reacción inicial del fosfato diamónico tiene un efecto alcalino, en tanto que la del nitrato de potasio y nitrato de sodio es neutral (FERTIMEX, 1981).

Aldrich y Leng (1974), mencionan, que para la aplicación de nitrógeno en suelos ácidos, no convienen los fertilizantes que producen acidez residual, pero resultan ventajosos en suelos alcalinos, prefiriéndose el empleo de fertilizantes nitrogenados amoniacales en cultivos de otoño e invierno, ya que otorgan una protección adicional contra la lixiviación, causada por las abundantes lluvias durante dicho ciclo. Deben

aplicarse lo suficientemente tarde, cuando el suelo está frío y los fertilizantes permanecen bajo la forma de amonio, en vez de convertirse en nitrato.

Castro (1974), concluye que al hacer uso de los fertilizantes nitrogenados, deben de tomarse en cuenta las propiedades que éstos presentan para evitar posibles pérdidas del elemento, las cuales están en función del suelo, clima y manejo puesto que se han realizado bastantes comparaciones entre la urea y otras fuentes nitrogenadas, bajo condiciones de campo distintas y con suelos y cultivos diferentes. Los resultados indican que toda fuente de nitrógeno empleada en cultivos bajo riego, fueron igualmente efectivas cuando fueron aplicadas en las cantidades recomendadas. Esto no sucedió con los cultivos de temporal, sobre todo con el maíz debido probablemente a que al aplicar el fertilizante a un cultivo de temporal, las condiciones de humedad y por lo tanto la absorción pueden ser muy diversas.

#### 2.7.1. Formas de aplicación.

Los fertilizantes nitrogenados se pueden aplicar en diversas formas, según la naturaleza del material y las circunstancias, pero gran parte se agrega al suelo directamente o indirectamente por medio de las operaciones de cultivo. Dada la volatilización del amoniaco, el amoniaco anhidro y el hidróxido de amonio suelen aplicarse bajo la superficie del

suelo mediante sistemas de distribución especiales, pero también se pueden aplicar y distribuir mezclados con el agua de riego. Gran cantidad de fertilizante nitrogenado se aplica en la superficie del suelo y se espera que el movimiento del agua lo lleve a la zona radicular, mientras que la urea es absorbida fácilmente por el follaje y se puede pulverizar sobre las plantas (Black, 1975).

Los principales factores que intervienen para definir y seleccionar el método de aplicación lo constituyen las condiciones del suelo y el estado físico de los fertilizantes; el pH, la textura, humedad, etc., deben de estar bien definidas para una apropiada selección en el método de aplicación a seguir. Fundamentalmente, se pueden diferenciar cuatro métodos de aplicación:

a).- Distribución uniforme sobre la superficie total (al voleo): Este método se aplica en donde la densidad de población de los cultivos es alta y las plantas no formen hileras, por lo que sus raíces ocupan una extensa área del subsuelo. Asimismo, es aplicable en suelos de alta fertilidad y cuando las necesidades en nutrimentos también sean elevadas.

b).- Localización de los fertilizantes en franjas (bandas) o en receptáculos en el suelo, (colocación): Este método se aplica en donde las plantas o semillas están o serán sembradas en

matas y hay entre ellas una separación considerable formando hileras.

La aplicación puede hacerse manualmente o con maquinaria, de tal manera que su colocación sea a una distancia apropiada de la planta; con fertilizantes líquidos, la aplicación debe ser a flujo controlado.

c).- Aspersión de disoluciones fertilizantes en las plantas: Este método se emplea cuando la aplicación de los nutrimentos (en especial el nitrógeno y el potasio) se ha retrasado, los requerimientos de éstos son bajos además para lograr una acción rápida en la planta. En algunas ocasiones se aprovecha para aplicarse con fungicidas y parasiticidas. Los fertilizantes que se empleen deben estar en disolución.

d).- Inyección en el suelo o en las plantas: Este método se utiliza cuando se desea localizar el fertilizante en un sitio específico del suelo para que las raíces de la planta puedan absorber los nutrimentos (FERTIMEX, 1981).

La vía más eficaz para suministrar nutrientes a algunos cultivos, es la aplicación a través de las hojas, ya que presenta una ventaja específica, al escapar a la capacidad de los suelos para fijar ciertos nutrientes bajo formas químicas no asimilables por las plantas. La nutrición foliar se adecua principalmente a los micronutrientes y no ha resultado

económica para la aplicación de nutrientes principales en los cultivos de maíz. El maíz necesita cantidades tan grandes de nitrógeno, que deberían realizarse entre 10 y 20 aplicaciones separadas para suministrar una cantidad suficiente de nutrientes e impedir la quemazón de hojas (Aldrich y Leng, 1974).

### 2.7.2. Dosis de fertilización.

La investigación sobre la fertilización se ha utilizado con el fin de obtener reglas causales del efecto de los fertilizantes sobre el rendimiento de los cultivos; otra ha sido, para calibrar métodos de análisis químicos, con el fin de predecir las necesidades de nutrimentos en los suelos, pero todas ellas están encaminadas a obtener información para dar recomendaciones sobre las dosis de fertilizantes que deben aplicarse al campo.

Existen diferentes trabajos en varias regiones de México respecto a la fertilización del maíz con el fin de obtener una dosis óptima; Huerta y Núñez, en Chapingo con maíz H-129, obtuvieron respuesta hasta la dosis de 120 kg N/ha. Benitez y Aguilera, en Toluca consiguieron los mejores resultados con una dosis entre 100 y 150 kg N/ha, mientras que Ruiz, et al., en Puebla establecieron entre 110 y 130 kg N/ha, la dosis más recomendable (Pineda, 1980).

Estudios realizados en el Campo Experimental del Valle del Fuerte, permiten recomendar de manera preliminar una fertilización de 100 - 120 kg N/ha, dependiendo esta dosis del cultivo anterior, la fertilidad del suelo y el manejo del mismo (Chávez, 1970).

Hernández, citado por Sánchez (1972), en el Campo Experimental "La Cal Grande", realizó un estudio de maíz con 4 variables de humedad en el suelo y 4 niveles de nitrógeno, encontrando que la producción de forraje fue altamente significativa en los tratamientos de nitrógeno, siendo el mejor el de 240 kg N/ha.

Ramírez y Laird, citados por Dueñas (1977), estudiaron diferentes niveles de fertilización en el maíz de riego y temporal en el Valle de México y de maíz punteado en el Valle de Toluca, encontrando que la dosis de fertilización nitrogenada de mayor utilidad económica para siembras de riego y de temporal en el Valle de México, fue de 120 y 160 kg de N/ha, respectivamente y para el Valle de Toluca de 100 kg N/ha.

Dueñas (1977), concluye que en el maíz para ensilaje H-127, en la zona de influencia de Chapingo, la dosis más recomendable se encuentra entre 160 y 240 kg N/ha y 32 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

En el maíz para grano, el gran estímulo que producen las fuertes aplicaciones de nitrógeno en el crecimiento vegetativo son indeseables, ya que retardan la madurez y pueden causar una

disminución en el rendimiento de grano (Chávez, 1970).

Pineda (1980), reporta que en el caso del rastrojo al igual que en el grano, la mayor dosis con significancia estadística fue la de 120 kg N/ha, sin embargo, para rastrojo la tendencia de respuesta ascendente llega hasta la dosis de 160 kg de N/ha, lo que nos indica que en los casos de maíz forrajero las dosis más convenientes serían superiores a las recomendadas para maíz de grano.

### **2.7.3. Eficiencia de la fertilización nitrogenada.**

La escasa aunque actualizada bibliografía que se encuentra respecto al tema de la eficiencia de la fertilización o la eficiencia con que las plantas absorben y utilizan los nutrientes da las bases para afirmar que es un tema poco estudiado. El término absorción se refiere aquí a los aspectos tanto de la concentración del nutrimento en la planta, como de la extracción del mismo, es decir la cantidad total del nutrimento presente en el vegetal. Por otra parte el concepto de eficiencia implica el conocimiento del uso que la planta le da a los nutrientes además, del estado que guarda la planta a través de su ciclo o cuando menos durante una parte de éste. Se ha comprobado que la eficiencia de utilización del nitrógeno puede variar en función del cultivo, la variedad, la altitud sobre el nivel del mar, la cantidad y distribución de las

lluvias, la longitud de los días, el porcentaje de materia orgánica, la textura y estructura del suelo, según lo reportado por Vilmorin, citado por Medina (1988).

Se establece una influencia notable en la eficiencia de absorción por parte de las diferentes fuentes de fertilizante, las cuales suelen actuar de manera distinta en diferentes suelos sobre todo cuando los productos difieren marcadamente en su grado de solubilidad, concentración o fijación. Esto es mencionado por Pineda et al., (1986), quienes realizaron un experimento en Chapingo, México, estudiando la respuesta del maíz en producción de grano, rastrojo, materia seca y absorción de nitrógeno a diferentes niveles, fuentes y oportunidades de aplicación. Ellos encontraron que en los niveles de aplicación, el tratamiento de 80 kg de nitrógeno/ha, presentó la mayor absorción de nitrógeno y la mayor eficiencia de recuperación, observándose una marcada disminución en los niveles de 120, 160 y 200 kg N/ha. En cuanto a las fuentes de nitrógeno, la mayor absorción y eficiencia se obtuvo con la urea, presentándose la menor absorción y eficiencia cuando el nitrógeno se aplicó en forma de nitrato de amonio, concluyendo estos autores que la desventaja de la forma nítrica con respecto a las otras dos fuentes (urea y sulfato de amonio), se debía a efectos de concentración. En lo que respecta a la oportunidad de aplicación, la mayor absorción y eficiencia se encontró con el



tratamiento en el que se aplicó la mitad del fertilizante a la siembra, y la otra mitad a los 50 días después de la siembra, obteniéndose la menor eficiencia y absorción del nitrógeno cuando se aplicó todo el fertilizante a los 30 días después de la siembra.

En 1979, Singh et al., citados por Medina (1989), al observar el efecto de diferentes dosis y métodos de aplicación de nitrógeno sobre la eficiencia de recuperación del fertilizante nitrogenado, encontraron que se presentó un incremento significativo en este valor al aumentar el nivel de aplicación de nitrógeno para 30, 60 y 90 kg de N/ha respectivamente cuando toda la fertilización se aplicó directamente al suelo; así mismo la eficiencia varió de 54.3 a 55.6% y 57.6% para los mismos niveles de fertilización cuando la mitad de ésta fue aplicada directamente al suelo y la otra parte se aplicó en aspersión foliar.

En lo que se refiere a la acción de la humedad sobre la extracción del nitrógeno por el cultivo, González (1984), reporta diferentes índices de la eficiencia de la absorción en términos de la materia seca producida y del rendimiento de grano, indicando también que la humedad del suelo se relaciona con el crecimiento de la planta y su capacidad para absorber nutrimentos, en varios aspectos, tanto en forma directa como indirecta. Los efectos directos se refieren a la facilidad con

que la solución del suelo presente en la vecindad de la raíz puede penetrar en ésta a través de la superficie radical. Los efectos indirectos de la humedad del suelo sobre el crecimiento y la capacidad absorbente de la planta son aquellos que pueden producirse sobre las propiedades del suelo, que a su vez afectan estos fenómenos.

La importancia de un adecuado nivel de humedad para que se logre un máximo aprovechamiento de los nutrientes presentes en el suelo en forma nativa o aplicados como fertilizantes, son tratados también por Killingsbaek y Simmelsgaard (1986), quienes al estudiar la influencia que ejerce este factor en el suelo sobre la eficiencia de la fertilización nitrogenada, encontraron que la eficiencia varió de 75 a 90% en cereales cultivados bajo condiciones adecuadas de humedad, disminuyendo este porcentaje de eficiencia de 30 a 50% bajo condiciones de sequía.

Singh y Anderson, citados por González (1984), mencionan que el nitrógeno extraído por las plantas en total y diariamente y la proporción del nitrógeno acumulado por las partes vegetativas, se incrementan al aumentar el nivel de nitrógeno aplicado. Por el contrario, la proporción de materia seca acumulada por estas partes y las reproductivas disminuye al retrasar la maduración el exceso de nitrógeno.

Tanaka y Yamaguchi (1972), al comparar la eficiencia de la fertilización nitrogenada en varios cultivos observaron que la mayor eficiencia se obtuvo con papa y remolacha, siguiéndoles en eficiencia trigo, arroz y maíz, obteniéndose la menor eficiencia con soya. Señalan, que la eficiencia disminuyó al incrementar la aplicación del fertilizante nitrogenado por encima de los 100 kg por hectárea, disminución que fue bastante marcada en remolacha, ya que decreció de 63 a 42% para 100, 200 y 300 kg de nitrógeno por hectárea respectivamente; la disminución de la eficiencia en papa fue también significativa, de 65 a 34 y 48% para 100, 200 y 300 kg de nitrógeno por hectárea; para el cultivo de soya la eficiencia permaneció casi constante, ya que su variación fue de 15 a 16 y 15.5%, para los mismos niveles de nitrógeno.

### III.- OBJETIVOS E HIPOTESIS.

#### 3.1 Objetivos.

- 1.- Evaluar el rendimiento por unidad de superficie del maíz forrajero cv.H-133, bajo seis tratamientos de fertilización nitrogenada.
- 2.- Determinar el contenido de nitrógeno total en la planta completa y en sus diferentes órganos.
- 3.- Determinar la eficiencia del fertilizante nitrogenado aplicado en los diversos tratamientos.

#### 3.2 Hipótesis.

- 1.- La fertilización nitrogenada incrementa el rendimiento en forraje de maíz.
- 2.- La concentración de nitrógeno en la planta varía conforme los estados fenológicos y la disponibilidad del nutrimento en el suelo.
- 3.- La eficiencia de la fertilización nitrogenada varía con la dosis suministrada al cultivo.

#### **IV.- MATERIALES Y MÉTODOS.**

#### **4.1. Características generales de la zona de estudio.**

##### **4.1.1. Localización.**

El municipio de Cuautitlán Izcalli, México, forma parte de la Cuenca del Valle de México, extendiéndose entre los 19° 37' y los 19° 45' de latitud Norte y entre los 99° 14' de longitud Oeste; limita al Sur con el municipio de Tultitlán, al Este con el de Melchor Ocampo, al Norte con el de Teoloyucan, al Noroeste con el municipio de Zumpango y al Oeste con el de Tepotzotlán, con una altitud de 2240 m.s.n.m. (De la Teja, 1982).

##### **4.1.2. Geología.**

El municipio de Cuautitlán está comprendido dentro de la provincia geológica del eje neovolcánico; las elevaciones que se pueden observar al Suroeste y Oeste del municipio, forman parte de las estribaciones de las Sierras de Monte Alto y Monte Bajo.

##### **4.1.3 Hidrología.**

El río Cuautitlán que se origina en la presa de Guadalupe, atraviesa el municipio en dirección Suroeste-Noroeste. El agua de esta presa, junto con las presas de La Piedad y el Muerto, son utilizadas para el riego de los cultivos de la zona (Reyna, 1978).

#### **4.1.4. Condiciones ecológicas.**

##### **4.1.4.1. Clima.**

La temperatura, corresponde a la de un clima templado con un promedio anual de 15-17 °C y con una precipitación media anual de 600-700 mm; se observa una frecuencia de heladas elevada, siendo en los meses de diciembre, enero y febrero cuando mayormente se presentan éstas.

De acuerdo con los datos de temperatura y precipitación señalados y considerando el sistema de Köppen, modificado por García, el clima para la región se clasifica como: C(Wo) (W)b (i) templado, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias de verano e invierno seco, con verano largo y fresco; tendiendo a ser extremo con respecto a la oscilación de la temperatura (De la Teja, 1982).

##### **4.1.4.2. Edafología.**

Los suelos de la F.E.S.- Cuautitlán, como la mayor parte de los suelos de la zona son de formación aluvial y se originan a partir de material ígneo derivado de las partes altas que circundan la zona. Son suelos relativamente jóvenes y en proceso de desarrollo, presentan un perfil de apariencia homogénea en el que no se aprecian fenómenos de iluviación o eluviación muy marcados, dificultando la diferenciación de horizontes a simple vista; son suelos gruesos con más de 1 m de profundidad.

De acuerdo con la clasificación FAO/UNESCO de 1970, el suelo es un Vertisol pélico, cuyas principales características son el color negro, baja susceptibilidad a la erosión, alta fertilidad, abajo de los 20 cm de profundidad tiene un 30% o más de arcilla en todos los horizontes, por lo menos dentro de los primeros 50 cm de la superficie presenta agrietamientos de ancho y profundidad variables (Guillén, 1984).

## 4.2. METODOLOGIA

### 4.2.1. Diseño experimental.

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar desbalanceado, ya que el testigo (00-40-00), fue repetido en dos ocasiones en cada bloque, por lo que en total sumó 10 unidades experimentales, a diferencia de los demás tratamientos que únicamente se repitieron en 5 ocasiones.

Esto se planteó, con la finalidad de disminuir la variabilidad a que estaba sujeto el experimento debido a la probable heterogeneidad del suelo.

### 4.2.2. Unidad experimental.

Las unidades experimentales constaron de 5 surcos con una anchura de .82 m y una longitud de 6 m con una superficie total de  $24.6 \text{ m}^2$ .

La parcela útil para fines de análisis estadístico, estuvo

integrada por los tres surcos centrales y 4m de longitud.

En total, la parcela útil fue de  $9.84 \text{ m}^2$  y la superficie total del experimento incluyendo canales, drenes y pasillos, constó de  $1387.4 \text{ m}^2$  y se ubicó dentro de la parcela 3 del área agrícola de la F.E.S.- Cuautitlán.

#### 4.2.3. Muestreo de suelos.

Antes de realizar la preparación del terreno se tomaron 15 submuestras de suelo a una profundidad de 20cm, para conformar una muestra compuesta, la cual fue analizada en el Laboratorio de Edafología de FERTIMEX, en su planta de Cuautitlán. (Cuadro 2A. del apéndice).

#### 4.2.4. Preparación del terreno.

La preparación del terreno constó de un barbecho a una profundidad de 30 cm; a continuación se llevó a cabo un rastreo con el propósito de obtener un suelo perfectamente mullido, homogéneo en su estructura, así como en la distribución de la materia orgánica, todo ello con el fin de mejorar la relación suelo-semilla-agua. Posteriormente, se realizó la labor de nivelación con el objeto de evitar encharcamientos, reduciendo con ésto el escurrimiento de nutrientes.

#### 4.2.5. Siembra.

Considerando que este factor no constituyó una variable dentro



del experimento, se llevó a cabo en forma mecánica con el auxilio de una sembradora para cultivos en hilera, con el objeto de uniformizar las condiciones en cuanto a la densidad de siembra.

Se utilizó semilla certificada de maíz cv.H-133, en una dosis de 50 kg/ha con la finalidad de obtener aproximadamente 100,000 plantas por hectárea.

Una vez sembrada la superficie requerida se procedió a determinar la distribución de los bloques; se colocaron estacas y el metahilo, continuando con el encalado de la periferia de los mismos con el objeto de delimitar individualmente cada tratamiento..

#### **4.2.6. Fertilización.**

Con el objeto de llevar a cabo esta actividad, que constituyó la parte medular del trabajo experimental, se pesaron y se mantuvieron en bolsas de polietileno etiquetadas las cantidades de fertilizante preestablecidas de cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones, conforme a la distribución al azar realizada con anterioridad; se repartieron individualmente las bolsas por bloque o repetición, de acuerdo con el cuadro respectivo. Una vez distribuidas, se procedió a su aplicación correspondiente en un costado del surco y su tapado inmediato cuidando de agregar una mínima cantidad de Volatón (2.5%) a

cada bolsa, revolviéndolo lo mejor posible antes de ejecutar esta labor.

Como fuentes de nitrógeno se utilizaron el sulfato de amonio y urea; como fuente de fósforo se utilizó el super fosfato de calcio triple.

#### 4.2.7. Tratamientos experimentales y dosificación.

Se consideraron 6 niveles de nitrógeno (0, 40, 80, 120, 160 y 200 kg/ha y 5 repeticiones), conservando una dosis constante de fósforo. La dosificación se realizó aplicando la tercera parte del nitrógeno y todo el fósforo al momento de la siembra; el resto del nitrógeno se aplicó en la primera labor (Cuadro 2).

Cuadro 2.- Tratamientos y dosificación correspondiente al experimento de evaluación y eficiencia de diferentes niveles de fertilización nitrogenada en maíz forrajero cv.H-133.

Tratamiento	Dosis	Siembra	Escarda
1	00-40-00	00-40-00	00-00-00
2	40-40-00	13-40-00	27-00-00
3	80-40-00	27-40-00	53-00-00
4	120-40-00	40-40-00	80-00-00
5	160-40-00	53-40-00	107-00-00
6	200-40-00	67-40-00	133-00-00

#### 4.2.8 Manejo del cultivo.

Una vez que emergió la plántula, se procedió a ubicar las calles o separaciones entre bloques y conforme a las medidas especificadas; para esto se tendió nuevamente el mecahilo entre el estacado y se eliminaron todas aquellas plantas que no correspondían a los tratamientos experimentales, así como calles interiores.

#### 4.2.9 Control de maleza.

La labor de control de maleza constituyó una parte esencial dentro del proceso del cultivo. Esta actividad se llevó a cabo

en forma posterior a la siembra, en forma preemergente, con el auxilio de un tractor y una aspersora de aguilón, aplicando una dosis de 4 kg/ha de Gesaprim Combi.

El aporque o escarda se realizó a los 40 días posteriores a la fecha de siembra, con la finalidad de eliminar la maleza y rehacer los surcos maltratados; esta actividad requirió del auxilio de un tractor equipado con una cultivadora de rejas.

#### 4.2.10. Control de plagas.

A nivel del área de influencia del Campo Agrícola Experimental "Valle de México", se ha detectado que la incidencia de la mayoría de las plagas en el maíz es baja e inestable y de acuerdo a estas circunstancias, en nuestro caso solo puede mencionarse el uso de insecticidas para el control de plagas del suelo en forma preventiva, mediante la aplicación de Volatón (2.5%) polvo, a razón de 25 kg/ha, en banda y en conjunto con el fertilizante.

#### 4.2.11. Evaluación de parámetros.

Se evaluaron las siguientes variables:

##### a).- Altura de la planta.

Se midió la distancia que existe entre la base de la planta y puntas de la espiga, este dato se tomó en los dos últimos muestreos.

**b).- Rendimiento de materia verde.**

Para la obtención de este dato se cosecharon las plantas dentro de los  $9.84 \text{ m}^2$  de parcela útil y se pesaron inmediatamente; con la obtención de este dato, se realizaron las conversiones necesarias para obtener el rendimiento en ton/ha.

**c).- Rendimiento de materia seca.**

Después de haber obtenido el peso en verde, se tomó una muestra de cada tratamiento la cual se pesó y se guardaba en bolsas de papel con perforaciones para permitir una buena aireación. Las muestras se secaron en una estufa de aire forzado a una temperatura constante de 70 grados durante 48 horas y se volvieron a pesar para que por diferencia de peso se calculara el porcentaje de materia seca a cada tratamiento.

**d).- Porcentaje de nitrógeno.**

Después de secadas las muestras se procedió a molerlas en un molino Wiley y tamizarlas a través de una malla 40. Se determinó el nitrógeno total por el método Kjeldhal (Morfin, 1982).

**4.2.12. Eficiencia de la fertilización nitrogenada.**

Para calcular la eficiencia de la fertilización nitrogenada se utilizaron los datos de rendimiento de materia seca y se multiplicaron por el porcentaje de nitrógeno, para así obtener

los kg de nitrógeno extraídos por las plantas del suelo. Posteriormente se restaron los kg de nitrógeno extraídos por el tratamiento testigo; este resultado se dividió entre los kg de nitrógeno agregados a cada tratamiento de fertilización y se multiplicó por cien para así obtener la eficiencia de la fertilización nitrogenada para cada tratamiento en términos de porcentaje según lo reportado por Pineda et al., (1986).

#### 4.2.13. Análisis estadístico.

Para la evaluación del experimento se efectuó un análisis estadístico considerando las siguientes variables: rendimiento en materia verde, rendimiento en materia seca y extracción de nitrógeno; estas tres variables fueron evaluadas en tallo, hoja, fruto y planta completa. El modelo utilizado en el análisis de varianza para cada variable evaluada fue el siguiente:

$$Y_{ij} = m + B_i + t_j + E_{ij}$$

$i=1, 2, 3, 4, 5, 6.$  tratamientos.  
 $j=1, 2, 3, 4, 5.$  repeticiones.

Donde:

- Y= Rendimiento.
- m= Efecto de la media general del experimento.
- $t_j$ = Efecto de tratamientos.
- $E_{ij}$ = Error experimental.
- $i$ = Efecto de repeticiones.
- $j$ = Efecto de tratamientos
- $B_i$ = Efecto medio total de bloques.

Las hipótesis a probar fueron:

$H_0 = t_1 = t_2 = t_3 = \dots = t_n$  : No existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

$H_a = t_1 \neq t_2 \neq t_3 \dots t_n$ : Existen diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

Al encontrarse diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó la prueba de Tukey para la comparación de medias, a un nivel de significancia del 5%.

El grado de asociación entre las variables evaluadas se determinó mediante el procedimiento de correlación.

## V.- RESULTADOS Y DISCUSION.

### 5.1. Rendimiento de materia verde (M.V.) en tallo.

Para este parámetro, el análisis de varianza presenta diferencia significativa al 5% de probabilidad entre tratamientos, (Cuadro 3). Como se observa en el cuadro 4, se presentó la mejor respuesta en el tratamiento de 80 kg/ha de nitrógeno siguiéndole a ésta en producción el de 160 kg; entre esta dosis y las subsiguientes (40, 120 y 200 kg de nitrógeno por hectárea no hubo diferencia estadística significativa. Se obtuvo un coeficiente de variación de 9.29%. En la Figura 3 se muestra el comportamiento de los tratamientos respecto a esta variable; los tratamientos que presentaron el menor rendimiento, fueron los testigos (1 y 7), que resultaron estadísticamente iguales a los tratamientos con las dosis de 40, 120 y 200 kg de N/ha.

La información mencionada en la revisión de literatura acerca de las recomendaciones de fertilizantes para el maíz en esta zona (120-40-00) no concuerda con los resultados obtenidos en el experimento para este parámetro, sin embargo difieren en mínima proporción. Esto puede deberse a que aunque teóricamente el maíz necesita una mayor proporción de nitrógeno para el mejor desarrollo vegetativo, como lo señalan resultados obtenidos por Huerta y Núñez (1969), que en Chapingo con maíz H-129, obtuvieron menor respuesta en rendimiento de



materia verde hasta la dosis de 120 kg de nitrógeno por hectárea; también debe tomarse en cuenta, los nutrientes que se encuentran disponibles o no en el suelo, porque puede disminuir o aumentar las necesidades de éstos para el desarrollo óptimo de la planta; Ramírez y Laird (1960), estudiaron diferentes niveles de fertilización y concluyen que la dosis de fertilización nitrogenada de mayor utilidad económica para siembras de riego y de temporal en el Valle de México, es 120 y 60 kg de N/ha, respectivamente.

Pineda et al., (1986), también en Chapingo y con maíz H-129, señalan que la mejor dosis para grano, con significancia estadística fue la de 120 kg de nitrógeno por hectárea y en el caso de rastrojo la dosis de 160 kg, fue la mejor; así y en el presente experimento, se aprecia que el tratamiento (160-40-00) resultó el segundo mejor en rendimiento, lo que indica que debe tomarse en cuenta la influencia del nivel inicial de fertilidad del suelo el cual se muestra en el Cuadro 2A del apéndice.

En cuanto a la correlación que manifiesta este parámetro con respecto a otras variables, se encontró que se relaciona positivamente y con alta significancia con el rendimiento en materia verde de la hoja, no así con el rendimiento en materia verde del fruto, lo que indica que la planta presentó un mayor desarrollo foliar debido a la alta densidad de siembra utilizada (100,000 plantas/hectárea), y concuerda con lo

expuesto por Aldrich y Leng (1974), en el sentido de que en las poblaciones altas, la cantidad de elote se reduce a causa del retraso que ocurre en la aparición de los estigmas con respecto a la antesis, causado por la cantidad insuficiente de luz, lo que se traduce en una menor fecundación y por consecuencia menor cantidad de grano y menor peso en el elote; además de lo que señalan Ramírez y Laird (1960), que al aumentar la densidad de población disminuye el número de mazorcas por planta.

Se observa que también se presentó una correlación con alta significancia con respecto al rendimiento de materia seca (M.S.) en el tallo, correlación que significa que a medida que aumentó el rendimiento en M.V., aumentó el rendimiento de M.S., razonamiento que se considera válido también para las correlaciones que existieron al respecto a las variables de rendimiento en M.V. y M.S. de la planta completa. Los coeficientes de correlación de las variables estudiadas se presentan en el Cuadro 1A del apéndice.

## 5.2. Rendimiento de materia verde en la boja.

En el Cuadro 5, que muestra el análisis de varianza para esta variable, se observa que existió una alta diferencia significativa (1% de probabilidad) entre tratamientos. Así mismo se puede ver que el tratamiento que obtuvo el mayor rendimiento fue el de la dosis de 80-40-00, que resultó

Cuadro 3.- Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde en el tallo de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F.
Tratamientos	6	1164369612.3	194061602.5	13.38	0.0001 + +
Bloques	4	16293730.6	4043432.5	0.28	0.8875 N.S.
Error	24	348090488.5	14503770.3		
Total	34	1528753831.5			

C.V. = 9.29%

Cuadro 4.- Comparación de medias de rendimiento de materia verde en tallo de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada (tukey 5%).

Niveles de nitrógeno	Medias	Grupos
80-40-00 (3)	52975	A
160-40-00 (5)	44341	B
40-40-00 (2)	40002	B C
200-40-00 (6)	39971	B C
120-40-00 (4)	39494	B C
00-00-00 (7)	35822	C
00-00-00 (1)	34130	C

Nota: Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

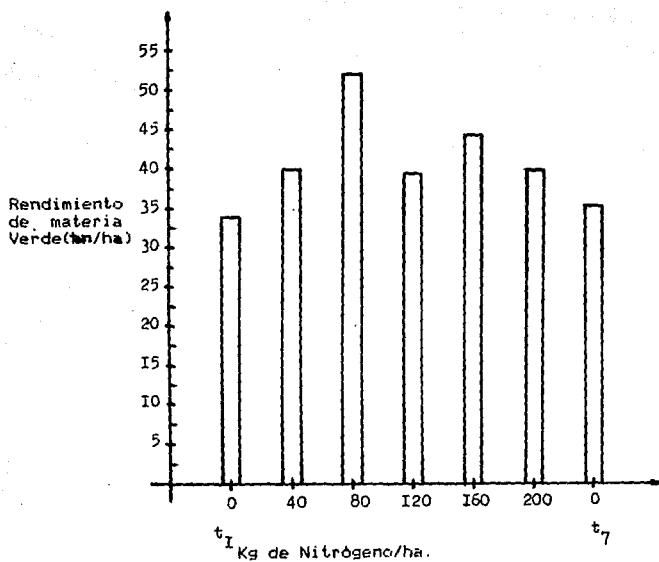


Figura 3.- Rendimiento, de materia verde en tallo de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuatitlán Izcalli, México.

estadísticamente igual al tratamiento 160-40-00, y éste a su vez a los tratamientos 4 y 1 que fueron estadísticamente semejantes a los que obtuvieron los menores rendimientos, resultando el testigo (7) con la menor producción, seguido en orden ascendente como muestra el Cuadro 6 por los tratamientos con 200, 40, 0 y 120 kg de nitrógeno por hectárea; en la Figura 4 se observa el comportamiento de cada tratamiento y su respectivo rendimiento.

Al igual que en el tallo, la menor respuesta se obtuvo con la dosis de 80 kg de nitrógeno por hectárea, sin embargo, la tendencia ascendente de respuesta, llega hasta la dosis de 160 kg, lo que nos indica que en el caso de maíz forrajero las dosis podrían ser superiores dependiendo de la cantidad disponible de nutrientes y el balance de éstos en el suelo; esto se basa en la comparación de los resultados obtenidos con los de otros autores como Huerta y Núñez (1969), que experimentando con diferentes dosis de nitrógeno, observaron que hubo un aumento medio en el rendimiento de 0.54 toneladas por hectárea cuando se incrementó la dosis de nitrógeno de 60 a 120 kg/ha, sin embargo un mayor aumento en la dosis de nitrógeno no tuvo ya efecto alguno.

También concuerda con los resultados obtenidos por Sada (1975), en los que el rendimiento de materia verde fue óptimo hasta la dosis de 80 kg/ha, dosis en la que el elemento nitrógeno dejó

de ser limitante y que arriba de 160 kg produjo efectos  
detrimentales; ésto sin dejar de considerar que a mayores dosis  
de nitrógeno se provoca un mayor desarrollo vegetativo, hasta  
un punto en el cual comienza a disminuir debido principalmente  
según Núñez y Kamprath (1969), a la disminución del área foliar  
por planta y consecuentemente su capacidad fotosintética, lo  
que supone que la luz y el nivel de fertilidad son factores que  
influyen en el número de hojas por planta.

La correlación que este parámetro presentó con respecto a otras  
variables como lo son el rendimiento en materia verde de la  
planta completa, así como el rendimiento en materia seca del  
tallo y la planta completa, son positivas y con alta  
significancia. Estas correlaciones acentúan más los efectos que  
la fertilidad existente en el suelo provocó en los tratamientos  
con mayores dosis de nitrógeno al favorecer un elevado  
desarrollo vegetativo y por lo tanto una competencia por la  
luz, lo que provocó la muerte de hojas inferiores por falta de  
la misma y algunos acames por la altura de las plantas,  
provocando como consecuencia una disminución en el rendimiento  
de estos tratamientos.

Thompson y Troeh (1980), indican que la disminución en el  
diámetro del tallo ocasiona un aumento en el acame y menor  
resistencia de los tallos a la rotura por efecto de la  
disminución en la intensidad de la luz.

En lo que respecta a las correlaciones con las variables de rendimiento de materia seca del tallo y la planta completa, Brower, citado por Colinas (1974), señala que un órgano en crecimiento es un consumidor de materiales de construcción y la tasa de crecimiento es una medida de "atracción" de estos materiales. De acuerdo con esto es posible que la producción de materia seca en el tratamiento de 80-40-00 fuese mayor, al utilizarse mayor cantidad de carbohidratos en el engrosamiento de las paredes celulares de cada órgano y no en los puntos de crecimiento donde se alargan las células resultando más delgadas y con menor contenido de carbohidratos para la producción de fibra.

### 5.3. Rendimiento de materia verde en el fruto.

Con respecto a este parámetro, se presentaron diferencias altamente significativas entre tratamientos como lo muestra el Cuadro 7, mientras que en la prueba de comparación de medias se observa que la mejor respuesta la presentó el tratamiento de 80 kg de N/ha. Los tratamientos con mayor dosificación (160 y 200 kg de N/ha) presentaron una tendencia descendente, obteniendo éstos, los resultados más bajos y resultando estadísticamente iguales entre sí (Cuadro 8).

Se obtuvo el mínimo rendimiento en fruto con un menor suministro de nitrógeno que el necesario para un rendimiento

Cuadro 5.- Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde en la hoja de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F.
Tratamientos	6	169688544.0	28281424.0	8.63	0.0001 + +
Bloques	4	2550836.1	637709.02	0.19	0.9388 N.S.
Error	24	78618207.4	3275758.6		
Total	34	250857587.5			

C.V. = 8.78%

Cuadro 6.- Comparación de medias de rendimiento de materia verde en hoja de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada (Tukey 5%).

NIVELES DE NITROGENO	MEDIAS	GRUPOS
3	24446	A
5	23311	A B
4	20453	B C
1	19815	B C
2	19278	C
6	18758	C
7	18147	C

Nota: Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.



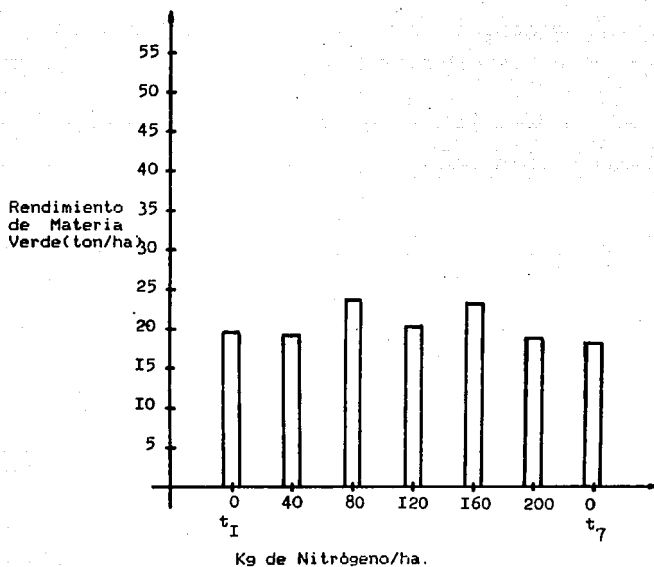


Figura 4.- Rendimiento de materia verde en hoja de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuatitlán Izcalli, México.

máximo de las partes vegetativas. Este comportamiento descrito por Kraus y Kraybill y mencionados por Black (1975), es característico de muchas plantas. Para los cereales, el máximo cociente grano/paja, se suele dar en la gama de una pronunciada deficiencia de nitrógeno, de ahí que dicho cociente suele disminuir al aumentarse el suministro del mismo, lo cual coincide con que las mejores respuestas se hayan presentado en los tratamientos de 80 kg de N/ha y como segunda mejor respuesta el tratamiento de 120 kg de N/ha, que resultó estadísticamente igual al testigo y al tratamiento con 40 kg de N/ha.

Respecto al bajo rendimiento en mazorca que presentaron los tratamientos con mayores dosis de nitrógeno, esto concuerda con los resultados obtenidos por Sada (1975), quien encontró que a mayor densidad y fertilización aumenta el follaje, reduciendo el ahijamiento, la producción de arvences y la cantidad de elote. Los resultados de este experimento fueron similares también a los obtenidos por Dueñas (1977), el cual reporta que el rendimiento de hoja y tallo fue afectado positivamente por las densidades más altas, como consecuencia de una mayor área foliar. Por otro lado, las disminuciones en el elote a esas poblaciones se puede atribuir a la competencia por luz; esto coincide con lo observado en este experimento en que el bajo rendimiento en M.V. en el fruto se presentó en las dosis que

produjeron un mayor desarrollo foliar. La Figura 5 muestra el comportamiento de cada tratamiento y su respectivo rendimiento.

Esta variable está correlacionada positivamente y con alta significancia estadística (Cuadro 1A) con las variables de rendimiento en materia seca y la absorción de nitrógeno en el fruto, lo cual resulta lógico si se toma en cuenta que al concluir la planta los preparativos para la floración, dirige la mayor parte de sus energías y funciones en la formación de las estructuras como la mazorca y su maduración; en esta etapa, la planta se dedica casi exclusivamente a llenar la mazorca y a iniciar el almacenamiento de alimento en los granos. Aldrich y Leng (1974), comentan que hasta ese momento, el grano ha aumentado su peso de M.S., como resultado del proceso de almacenamiento de almidón; esto no fue igual para los tratamientos con mayores dosis de nitrógeno puesto que la excesiva cantidad de este elemento como es señalado por Buckman y Brady (1977), pudo retardar la maduración de la mazorca, afectando también la producción de materia seca.

Lo expuesto por Thompson y Troeh (1980), acerca de que durante la mayor parte de la vida vegetal, la absorción relativa de nitrógeno discurre por encima de la acumulación de M.S., cuando ambas se expresan en relación a los totales respectivos, nos explica la correlación con la variable de absorción de nitrógeno, al ser este nutriente necesario en la producción de

dicha materia.

La correlación registrada con la producción de M.V. de la planta completa es congruente si recordamos que la producción de M.V. del fruto, fue restringido por el excesivo desarrollo foliar y consecuentemente la falta de luz.

Existe una correlación negativa con la variable absorción de nitrógeno por la hoja, que puede ser explicada por la translocación de nutrientes de otros órganos para la formación y maduración del grano, esto se apoya con lo expuesto por Pendleton et al., mencionados por Ramirez (1976), quienes indicaron que los productos de la fotosíntesis de las hojas superiores a la mazorca son translocados eficientemente al grano por lo que mientras aumenta el contenido de nitrógeno en la mazorca, en la hoja disminuye.

#### **5.4. Rendimiento de materia seca en el tallo.**

El rendimiento de M.S. del tallo, el ANDEVA muestra una diferencia significativa (5%) entre tratamientos (Cuadro 9). Con respecto a la agrupación de medias, el primer grupo está formado por los tratamientos con 80, 160 y 200 kg de N/ha, observándose una respuesta positiva a la fertilización hasta el nivel de 80 kg de N/ha y detrimental en los niveles más elevados, aunque éstos pertenecen también al grupo de medias con el mayor rendimiento en M.S. y resultan estadísticamente

Cuadro 7.- Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde del fruto de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F.
Tratamientos	5	606196425.5	1010327375.6	29.66	0.0001 + +
Bloques	4	4410760.4	1102690.1	0.32	0.8593 N.S.
Error	24	81759970.7	3406665.4		
Total	34	692367156.7			

C.V. = 10.4%

Cuadro 8.- Comparación de medias de rendimiento de materia verde del fruto de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada (Tukey 5%).

NIVELES DE NITROGENO	MEDIAS	GRUPOS
3	24553	A
4	20568	B
1	20087	B
2	17090	B C
7	16253	C D
6	13172	D E
5	11581	E

Nota: Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

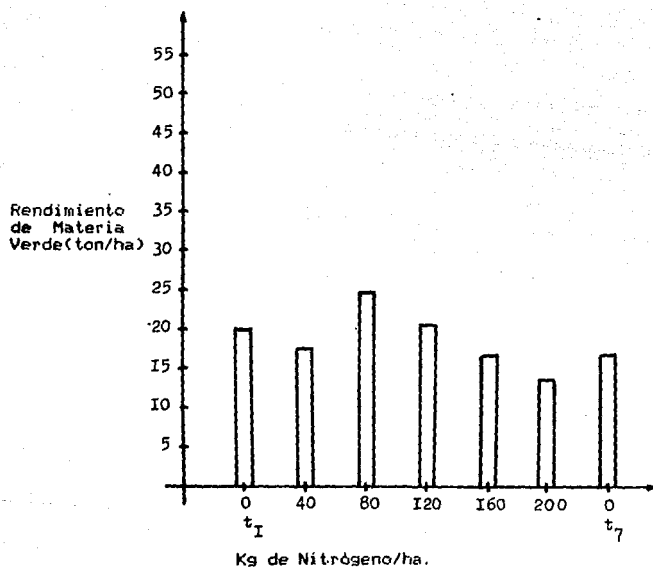


Figura 5.- Rendimiento de materia verde en fruto de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.

similares entre sí. Por otro lado entre el grupo de medias con el menor rendimiento se encuentran los testigos (1 y 7) que también resultan estadísticamente similares a los tratamientos con 40, 120, 200 y 160 kg de N/ha. En el Cuadro 10 se puede observar que ambos grupos de medias se interseccionan y sin embargo el tratamiento 3 es el que obtiene la menor diferencia estadística con el mejor rendimiento (Figura 6).

Con respecto al C.V., se puede concluir que no existió mucha variabilidad en cuanto al manejo de la información correspondiente a esta variable.

La respuesta detrimental mostrada por los tratamientos con niveles de nitrógeno superiores a 80 kg de N/ha, se explica con lo expuesto por Black (1975), quien señala que cuando el suministro de nitrógeno y los demás factores son favorables para el crecimiento de la planta, prevalece la tendencia a utilizar los carbohidratos para formar una mayor cantidad de protoplasma y desarrollar más follaje, más que para engrosar las paredes celulares; por lo tanto las células producidas en tales condiciones son grandes y de paredes más delgadas, dado que el protoplasma está constituido en gran parte por agua, lo que conlleva a una disminución en la producción de materia seca. El mismo autor concluye que las plantas con alto contenido de nitrógeno contienen una elevada proporción de agua por encima de la materia seca y lo denomina como succulencia;

por lo que podemos deducir que los tratamientos con altas dosis de nitrógeno fueron afectadas por el nivel inicial de fertilidad al aumentar la disponibilidad de este nutriente en la solución del suelo, desarrollándose los tallos con un mayor contenido de agua y una baja producción de M.S.; basándose también en que durante el ciclo de cultivo la precipitación fue abundante pero sin llegar a considerarse pérdidas de nitrógeno por lixiviación, lo cual hubiera favorecido a estos tratamientos al disminuir la cantidad de nitrógeno disponible y evitar excesos de este nutriente.

Por otro lado, García (1981), indica que a medida que se acerca la floración, el tallo crece rápidamente y se robustece debido al endurecimiento de los tejidos de función mecánica. Sucesivamente, en el periodo de plena floración y en el de la madurez del fruto, se verifica la progresiva consolidación de los tejidos mecánicos que siempre van lignificándose más en dirección a la base, que resulta la parte más rica en lignina, lo cual también explica el por qué los tratamientos con dosis mayores a la de 80 kg de nitrógeno por hectárea, resultaran con bajo contenido de M.S. en el tallo, si se toma en cuenta que el exceso de este nutriente retarda la maduración de las plantas y favorece el desarrollo de órganos como las hojas y el mismo tallo, retrasando su lignificación y reduciendo así la formación de M.S. en el mismo.



Las correlaciones de esta variable aparecen en el Cuadro 1A, y en ellas se puede observar que el rendimiento de materia seca del tallo se correlacionó positivamente y con una alta significancia con el rendimiento de materia verde de la planta completa ( $r=0.66$ ), con el rendimiento de materia seca en la hoja ( $r=0.63$ ), y con el rendimiento de M.S. en la planta completa ( $r=0.85$ ).

Estas correlaciones explican aún más el comportamiento de los tratamientos con mayor dosificación de nitrógeno y van de acuerdo a lo mencionado por Jacob y Uexkull (citados por Dueñas, 1977), quienes reportan que los cultivos responden a altas aplicaciones de nitrógeno con un exuberante desarrollo vegetativo y de acuerdo con lo expuesto por estos autores es posible deducir que al aumentar la producción de materia verde en la planta, aumenta la producción de M.S., aunque esto no sea proporcional debido al contenido de agua en la planta.

Prine y Schroeder (citados por Padilla, 1981), en una investigación sobre densidad de siembra encontraron que usualmente al incrementarse la población, la producción de grano, forraje y M.S. individuales se reduce; sin embargo, la producción total por unidad de área se incrementa porque el pequeño decrecimiento en producción por cada órgano es compensado por el incremento en el número de plantas.

Cuadro 9.- Análisis de varianza para el rendimiento de materia seca en el tallo de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R.	> F.
Tratamientos	6	68637132.2	11439522.3	4.64	0.0029	N.S.
Bloques	4	11230166.2	028075415.0	1.14	0.3625	N.S.
Error	24	59219189.7	2467466.2			
Total	34	139086488.2				

C.V. = 10.3%

Cuadro 10.-Comparación de medias de rendimiento de materia seca en tallo de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada (Tukey 5%).

NIVELES DE NITROGENO	MEDIAS	GRUPOS
3	12057.0	A
5	11089.6	A B
6	10152.2	A B
4	8801.0	B
2	8774.0	B
7	8355.4	B
1	8083.8	B

Nota: Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

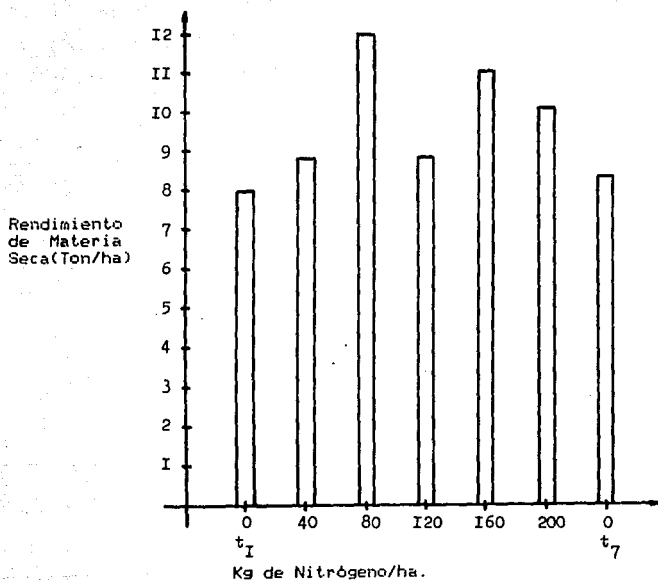


Figura 6.- Rendimiento de materia seca en tallo de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.

### 5.5 Rendimiento de materia seca (M.S.) en la hoja.

El análisis de varianza para el rendimiento de materia seca en hoja que se observa en el Cuadro 11, muestra que existió diferencia estadística al 5% entre tratamientos; en la prueba de comparación de medias que se presenta en el Cuadro 12, se aprecia que el tratamiento con 160 kg de N/ha fue el que presentó el mayor rendimiento siguiéndole el de 80 kg de N/ha y resultando el testigo con el menor rendimiento; no obstante esto, solo existió un solo grupo de medias, lo cual quiere decir que dichos rendimientos, no presentaron muchas diferencias debido probablemente al elevado nivel de fertilidad que presentó el suelo, lo que favoreció a los tratamientos con niveles bajos de nitrógeno para aumentar su rendimiento (Figura 7).

Según Watson citado por Bejarano (1971), el área foliar aumenta con la aplicación de fertilizantes nitrogenados debido al aumento tanto en el número de hojas como en el tamaño de las mismas y la medida del área foliar es relevante en la comparación de la acumulación total de la materia seca o del rendimiento

La respuesta del por qué los tratamientos con mayor desarrollo foliar no superaron en la producción de materia seca a los que obtuvieron menor rendimiento en follaje se explica si se toma en cuenta que la producción de materia seca, es resultante de

la fotosíntesis, los productos se pueden transformar por ésta y la respiración, esto es apoyado por Tanaka y Yamaguchi (1972), quienes mencionan que esto puede explicarse en términos de fuente y demanda fisiológica de los productos de fotosíntesis, en donde las hojas constituyen la fuente y los granos o la mazorca la parte que realiza la demanda fisiológica. Cuando el desarrollo foliar es excesivo por algún exceso de nitrógeno, éste puede ser en perjuicio de los órganos reproductivos, provocando retrasos en la madurez y por lo tanto en la cosecha. Esto en consecuencia de la disminución de luz y la demanda fisiológica representada por la mazorca es mínima, por lo tanto los productos de fotosíntesis (azúcares y carbohidratos) se acumulan en hojas y tallos aumentando la respiración. La acumulación de estos azúcares en las láminas de la hoja se traduce en un abatimiento en la velocidad de fotosíntesis, y acelera la senectud de las hojas lo cual conlleva a una reducida producción de materia seca total.

En cuanto a los tratamientos con menor dosificación, ésta se vio aumentada probablemente por el aporte de nitrógeno a partir del suelo y fue mejor aprovechado para la producción de materia seca.

Esta variable presenta correlaciones positivas como se observan en el Cuadro IA del apéndice, con las variables de rendimiento de materia seca de la planta completa ( $r=0.67$ ), así como con la

variable de nitrógeno absorbido por la planta completa ( $r=0.63$ ).

Esto concuerda con la teoría expuesta por Chandler (1960), acerca de que la acumulación de nitrógeno en las plantas de maíz sigue en general un patrón similar a la curva de producción de materia seca, mientras no existan deficiencias en la captación de la radiación solar.

Este último aspecto fue el que probablemente redujo la formación de materia seca en los tratamientos con mayor proporción de nitrógeno.

#### 5.6. Rendimiento de materia seca en el fruto.

En los resultados obtenidos en el rendimiento de materia seca del fruto, se presentaron diferencias altamente significativas (Cuadro 13).

El tratamiento de 80 kg de N/ha, presentó el mejor rendimiento en la comparación de medias, siguiéndole a éste los testigos (1 y 7), que no mostraron ninguna diferencia estadística con respecto a los tratamientos con niveles de nitrógeno de 40, 120 y 160 kg de N/ha. El grupo de medias con los porcentajes más bajos en rendimiento de materia seca, fue representado por los tratamientos 200, 160, 120 y 40 kg de N/ha, que estadísticamente son similares (Cuadro 14 y Figura 8). Según

Cuadro 11.- Análisis de varianza para el rendimiento de materia seca en la hoja de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F.
Tratamientos	5	28342.9	4723.8	2.82	0.0322 N.S.
Bloques	4	8068.1	2017.0	2.72	0.0531 N.S.
Error	24	71749.0	2989.5		
Total	34	108160.1			

C.V. = 15.8%

Cuadro 12.- Comparación de medias de rendimiento de materia seca en la hoja de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada (Tukey 5%).

NIVELES DE NITROGENO	MEDIAS	GRUPOS
5	5238.6	A
3	5214.2	A
4	4360.8	A
1	4224.2	A
6	4221.0	A
2	4030.0	A
7	4002.2	A

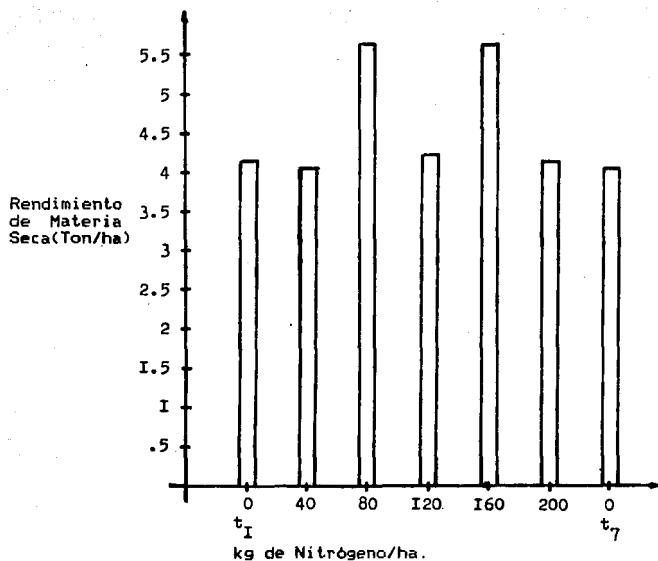


Figura 7.- Rendimiento de materia seca en la hoja de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.



Aldrich y Leng (1974), el efecto que ejercen las aplicaciones altas de nitrógeno, formando un exuberante desarrollo vegetativo y la elevada densidad de siembra, son factores que afectan la formación y el número de mazorcas.

Por otro lado las disminuciones en el elote a esas poblaciones se puede atribuir a la competencia por la luz, según Dueñas (1977), como pudo haber sucedido con los tratamientos con altos niveles de nitrógeno al retrasarse su maduración. Esto va de acuerdo con lo expuesto por Padilla citado por Amezcua y Meza (1986), quien señala que la tendencia de la planta a medida que aumenta el suministro de nitrógeno, es que las partes aéreas lo reciben en mayor cantidad y utilizan carbohidratos de allí para la síntesis de proteínas y el crecimiento. En consecuencia se presentan menos carbohidratos disponibles para ser transportados al fruto y por lo tanto el crecimiento y producción de materia seca de éstos se verá limitado con relación a otros órganos de la planta.

Experimentos realizados por el mismo autor demuestran, que al incrementar la densidad de siembra se reduce significativamente el desarrollo y crecimiento de varios caracteres como: Altura de la planta, altura de inserción de la mazorca, número de mazorcas por planta, tamaño de las mazorcas, una tendencia lineal disminuyendo la longitud y ancho de la hoja, así como también el peso de la mazorca y de grano por planta, así mismo

se incrementa el número de plantas sin mazorca.

Esta variable presenta una correlación positiva y con una alta significancia para con la variable de absorción de nitrógeno por el fruto ( $r=0.93$ ); Ohlrogge citado por Evans (1983), explica que, a medida que la planta se desarrolla, la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio, permanece relativamente constante o tiende a caer en todas las partes de la planta, excepto en los granos. Aunque la explicación de fertilizante incrementa los niveles, la tendencia no resulta afectada.

Hanway y Weber también citados por Evans (1983), calculan que la mitad de los nutrientes encontrados en los granos son absorbidos directamente por éstos, en tanto que el resto se almacena primero en las hojas, tallos y peciolo, para luego ser translocado. De ahí, se explican las correlaciones negativas que se obtuvieron con las variables de absorción de nitrógeno por el tallo y la hoja, puesto que mientras el grano se encuentre en su etapa de maduración, los nutrientes son translocados de otros órganos de la planta a la mazorca, disminuyendo la cantidad de nitrógeno de los mismos.

Respecto al C. V. de esta variable que aparece en el Cuadro 13, se observa que resultó bajo, por lo que se puede decir que no se presentó mucha variación en los datos obtenidos.

Cuadro 13.- Análisis de varianza para el rendimiento de materia seca en el fruto de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R.	> F.
Tratamientos	6	47434036.6	07905672.7	6.34	0.0004	++
Bloques	4	8849668.4	2212417.1	1.77	0.1669	N.S.
Error	24	29924473.5	1246853.0			
Total	34	86208172.6				

C.V. = 35.5%

Cuadro 14.- Comparación de medias de rendimiento de materia seca en el fruto de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada (Tukey 5%).

NIVELES DE NITROGENO	MEDIAS	GRUPOS
3	5257.0	A
1	4014.8	A B
7	3546.6	A B C
2	2981.6	B C
4	2578.8	B C
5	2033.0	B C
6	1556.0	C

Nota: Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

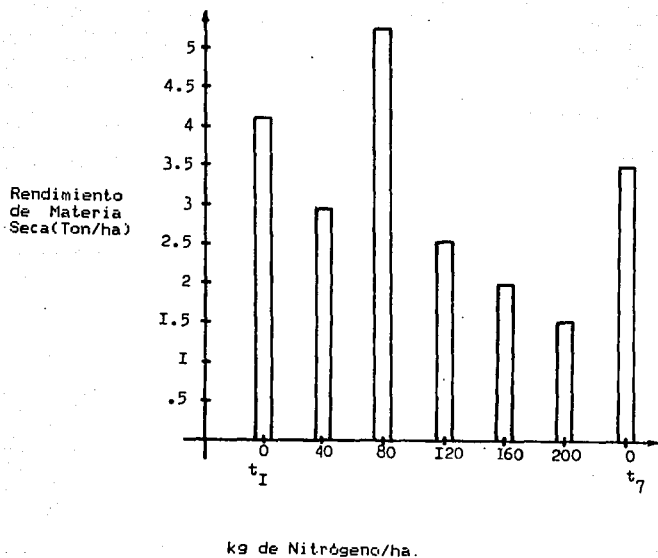


Figura 8.- Rendimiento de materia seca en el fruto de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.

asimilables absorben mucho, aunque incluso no tengan estricta necesidad de ellos. La propia selectividad de la planta es por tanto muy relativa y obedece sobre todo a las leyes fisiológicas de la absorción.

Lo anteriormente mencionado, explica el mayor porcentaje absorbido por los tratamientos con dosis elevadas de nitrógeno, basándose ésto en que el elemento podía encontrarse en mayor disponibilidad, aunque éstos no respondieran con un aumento en la producción puesto que el nitrógeno ya no fue el principal factor limitante (Russell y Russell 1968).

En el Cuadro 1A del apéndice se observa una correlación positiva significativa (5%) con la variable nitrógeno absorbido por la planta completa ( $r=0.68$ ), lo cual puede ser explicado de acuerdo con lo expuesto en el párrafo anterior, acerca de que la planta absorbe nitrógeno si este se encuentra disponible en la solución del suelo, aun cuando no tenga necesidad del elemento.

Esto es apoyado por otros autores como Singh et al., citados por Pulido (1987), quienes observaron que el rendimiento en trigo por encima de una aplicación de 80 kg de nitrógeno por hectárea, estuvo limitado por la humedad y que la absorción de nitrógeno creció con el incremento en la dosis del mismo y con el número de riegos, pero que a medida que aumentaba la

### 5.7. Absorción de nitrógeno por el tallo.

Como puede observarse en el Cuadro 15, el análisis de varianza para este parámetro muestra que no existieron diferencias significativas entre tratamientos para la absorción de nitrógeno por el tallo, obteniéndose una mejor respuesta en los tratamientos con niveles de nitrógeno más elevados (100 y 200 kg de N/ha) y por lo tanto una mayor absorción de este elemento que los testigos (1 y 7) que resultaron ser los más bajos en porcentaje de absorción (Cuadro 15), observándose el comportamiento de los tratamientos en la Figura 9.

Información proporcionada por Hanway, Sprague y Chandler citados por Bejarano (1971), indican que la curva de acumulación de nitrógeno en maíz a través del tiempo sigue un patrón sigmoideal, produciéndose la tasa de mayor absorción 2 ó 3 semanas antes de la floración, lo que coincide con el periodo de más rápido crecimiento. Ellos han observado que hasta esta edad la planta absorbe aproximadamente del 70 al 80% del nitrógeno total absorbido en todo el ciclo; esto demuestra que el porcentaje de nitrógeno en toda la planta al momento de la floración está dado por la cantidad disponible de dicho nutrimento en el suelo durante el tiempo anterior a la floración.

Baeyens (1970), coincide con lo expuesto anteriormente y menciona que si las plantas encuentran muchos nutrientes

cantidad de unidades de nitrógeno, el incremento en rendimiento resultaba más pequeño.

Tomando en cuenta la precipitación acumulada durante el ciclo (664.30 mm.), es de considerar que el cultivo obtuvo cantidad suficiente de agua, con la que se favoreció la absorción de nutrientes.

El C.V. que se observa en el Cuadro 15, muestra que no se presentó mucha variación en los datos obtenidos para esta variable.

#### 5.8. Absorción de nitrógeno por la hoja.

Los resultados que se obtuvieron en el análisis de varianza para esta variable se presentan en el Cuadro 17, el cual muestra que no se obtuvieron diferencias estadísticas significativas entre los tratamientos.

En la comparación de medias (Tukey, 5%) que se muestra en el Cuadro 18, se observa al tratamiento de 160 kg de nitrógeno por hectárea, con el porcentaje más elevado de nitrógeno absorbido por la hoja y al testigo con el más bajo. Este último sin ninguna aplicación, absorbió una cantidad de nitrógeno apreciable, comparado con el porcentaje absorbido por los demás tratamientos, lo que corrobora la existencia de una importante cantidad de nitrógeno disponible en el suelo.

Cuadro 15.- Análisis de varianza para la absorción de nitrógeno por el tallo de maíz forrajero cv.M-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F.
Tratamientos	6	3899.8	649.9	0.81	0.5756 N.S.
Bloques	4	1351.1	337.7	0.42	0.7936 N.S.
Error	24	19367.0	806.9		
Total	34	24618.1			

C.V. = 32.3%

Cuadro 16.- Comparación de medias de absorción de nitrógeno (kg/ha), por el tallo de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada (Tukey 5%).

NIVELES DE NITROGENO	MEDIAS	GRUPOS
6	104.94	A
5	97.38	A
3	90.28	A
2	87.88	A
4	86.92	A
7	73.92	A
1	73.84	A



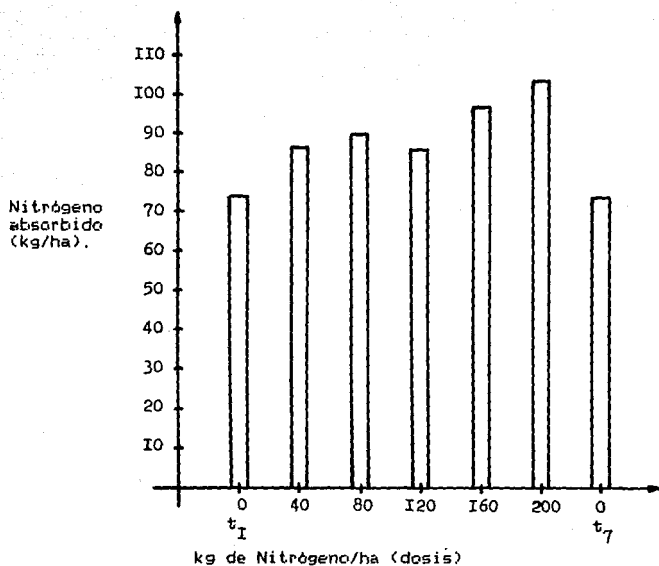


Figura 9.- Nitrógeno absorbido (kg/ha) por el tallo de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.

Según Black (1975), a medida que aumenta el suministro y absorción de nitrógeno a las plantas, tiende a descender el contenido de carbohidratos. Este efecto del suministro de nitrógeno se explica sobre la base de que este nutrimento promueve el crecimiento de tejido adicional donde se utilizan los carbohidratos producidos por fotosíntesis, por lo que se propicia un desarrollo foliar exuberante que a su vez impide realizar la fotosíntesis a las hojas inferiores causando muerte prematura con un consecuente decremento en la producción.

Esto es también apoyado por Sahrawat, citado por Alvarez (1988), al señalar que la absorción de nitrógeno y el porcentaje del mismo en la planta, deberían estar correlacionados con la producción y disponibilidad de nitrógeno en el suelo. Sin embargo, un exuberante desarrollo puede enmascarar una mediocre producción de materia seca en la planta, llevando un contenido relativamente alto de este nutrimento en el material vegetal.

Esto pudiera explicar la mayor producción de materia verde y baja respecto a la materia seca obtenida por los tratamientos con mayor cantidad de nitrógeno, pues aun cuando éstos hayan absorbido mayor cantidad de este nutriente el porcentaje de agua en las plantas era considerable, por lo que resultaron muy suculentas y con bajo contenido de fibra.

En el Cuadro 1A del apéndice se observa una correlación negativa, lo que puede atribuirse a la translocación del nitrógeno de las hojas al grano. El comportamiento de los tratamientos se observa en la Figura 10, Para Viets citado por Black (1975), la acumulación de nitrógeno por el maíz y la distribución de éste en los órganos de la planta es función del tiempo. Se ha observado que las hojas van perdiendo progresivamente el nitrógeno con el tiempo después de la floración, a pesar de que éstas tengan un adecuado suplemento de nitrógeno en el suelo, además de que las hojas viejas lo pierden antes que las jóvenes. Este decremento del contenido de nitrógeno es causante también de la muerte de muchas hojas después que se ha iniciado el periodo de formación del grano ya que éste se toma la mayor parte del nitrógeno absorbido del suelo y de otros órganos de la planta especialmente de las hojas.

#### 5.9. Nitrógeno absorbido por el fruto.

Se realizó un análisis de varianza en el cual se obtuvo una alta diferencia significativa para la absorción de nitrógeno por el fruto como se observa en el Cuadro 19.

En la prueba de comparación de medias (Cuadro 20), se observa que la mejor respuesta a la fertilización nitrogenada se obtuvo con el tratamiento de 80 kg de N/ha, siguiéndole el testigo que

Cuadro 17.- Análisis de varianza para la absorción de nitrógeno por la hoja de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F.
Tratamientos	6	3324.7	554.1	1.34	0.2776 N.S.
Bloques	4	3680.7	920.1	2.23	0.0960 N.S.
Error	24	9909.4	412.8		
Total	34	16914.9			

C.V. = 26.2%

Cuadro 18:- Comparación de medias de absorción de nitrógeno (kg/ha) por la hoja de de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada (Tukey 5%).

NIVELES DE NITROGENO	MEDIAS	GRUPOS
5	91.04	A
1	87.90	A
4	80.38	A
6	79.18	A
2	74.94	A
3	65.58	A
7	62.88	A

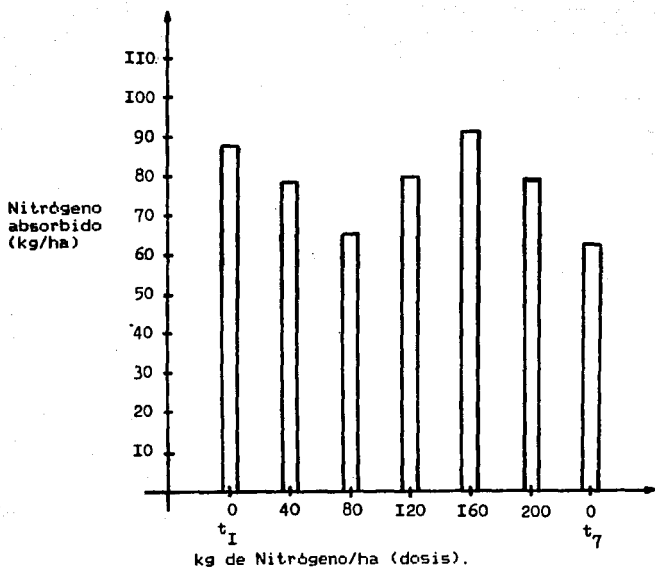


Figura 10.- Nitrógeno absorbido (kg/ha) por la hoja de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.

resultó estadísticamente igual a los tratamientos con 40, 120 y 160 kg de N/ha, en el orden descendente. El tratamiento con el menor porcentaje de absorción, fue el de 200 kg de N/ha estadísticamente similar a los tratamientos con 160, 120, 40 y 00 kg de N/ha.

El comportamiento de los tratamientos en este parámetro se observa en la Figura 11 y se explica debido a que el exceso de nitrógeno absorbido, retrasa la maduración del fruto al favorecer el crecimiento del follaje, pues con un periodo de crecimiento de una determinada duración, disminuye el tiempo disponible para el desarrollo de los órganos de reserva, pues se prolonga el tiempo en el que se utiliza principalmente el suministro de carbohidratos para el crecimiento de las partes aéreas según lo menciona Black (1975).

Por lo mismo se deduce, que los tratamientos con mayores dosis fueron los que menor cantidad de nitrógeno absorbieron en el fruto, pues el desarrollo de éste fue afectado desfavorablemente y algunas plantas no alcanzaron la madurez como lo hicieron los tratamientos con dosis más bajas, pero que a su vez aprovecharon el nitrógeno que con anterioridad se encontraba disponible en el suelo, manifestando rendimientos aceptables.

El incremento de nitrógeno aplicado eleva el peso seco del

grano, el peso de la planta en antesis y el área foliar relativamente más que el rendimiento en grano. Respecto a éstas evidencias presentadas por Heyes y Brown citados por Bejarano (1971), indican que el peso seco de las células en el maíz, está determinado principalmente por el contenido de celulosa y otros materiales de la pared celular. Esto sugiere que estos materiales en relación al total de la masa celular se incrementan con la deficiencia de nitrógeno, lo cual reduce el área foliar. De ahí que cuando disminuye el suministro de nitrógeno, disminuye el crecimiento vegetativo y al ser favorecida la maduración aumenta la fructificación y la cantidad de carbohidratos en el fruto con menor porcentaje de nitrógeno.

Se presentó una correlación positiva y con una alta significancia ( $r=0.63$ ), con la variable de rendimiento de materia verde en la planta completa (Cuadro 1A del apéndice).

La posible explicación a esta correlación va de acuerdo a que se puede apreciar una clara tendencia al incremento de los rendimientos de materia verde conforme el nivel de fertilización se elevó, tendencia que cumple hasta el nivel de 160 kg de N/ha a partir del cual se observa una disminución en el rendimiento de M.V. y en la producción de grano, lo cual está de acuerdo con la tesis expuesta por algunos autores (Bert 1964; Black 1975 y Box 1979) quienes conciden acerca de que las

plantas requieren cantidades considerables de nitrógeno para asegurar su crecimiento y reproducción, por lo que generalmente, este elemento se encuentra en los lugares de crecimiento activo como los extremos de los brotes, las yemas y las hojas tiernas y constituyen gran parte de la materia verde y del peso total de los vegetales, aunque su aplicación en exceso puede causar mayor desarrollo vegetativo retardando así la madurez. Esto significa que el mayor porcentaje de nitrógeno en la planta fue utilizado para el desarrollo vegetal antes que la mazorca y consecuentemente es menor la suplementación de este nutriente para el desarrollo de la mazorca.

#### 5.10. Rendimiento de materia verde en la planta completa.

Con referencia a esta variable, el análisis de varianza (Cuadro 21), mostró diferencias estadísticamente significativas para los tratamientos. En la comparación de medias (Cuadro 22), resultó que el tratamiento de 80 kg de N/ha fue el que obtuvo el mejor rendimiento, siguiéndole el tratamiento con 120 kg de N/ha, que fue estadísticamente similar a los tratamientos restantes y el testigo, obteniendo este último el menor rendimiento de materia verde.

Se ha aventurado un cierto número de hipótesis diferentes sobre las relaciones que existen entre la cantidad del elemento



Cuadro 19.- Análisis de varianza para la absorción de nitrógeno por el fruto de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F.
Tratamientos	6	8723.4	1453.7	10.66	0.0001 + +
Bloques	4	1516.6	379.1	2.78	0.0497 N.S.
Error	24	3272.7	136.3		
Total	34	13512.8			

C.V. = 24.3%

Cuadro 20.- Comparación de medias de la absorción de nitrógeno (kg/ha), por el fruto de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada (Tukey 5%).

NIVELES DE NITROGENO	MEDIAS	GRUPOS
3	80.540	A
1	55.940	B
7	48.840	B C
2	45.100	B C
4	43.640	B C
5	34.760	B C
6	27.550	C

Nota: Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

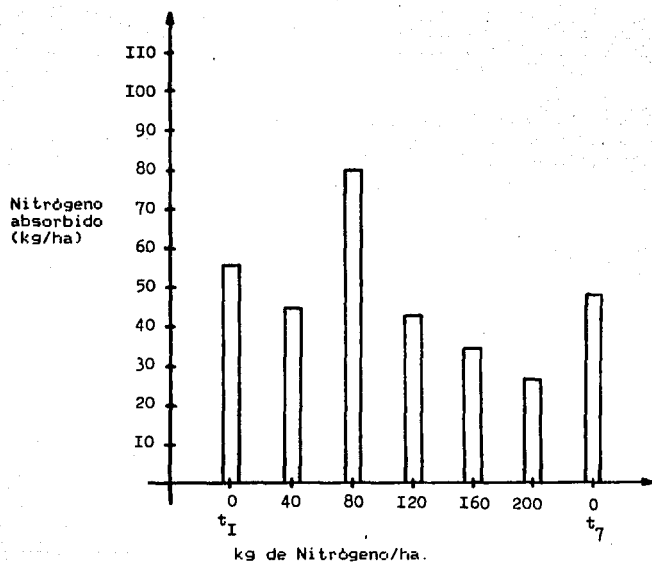


Figura 11.- Nitrógeno absorbido (kg/ha) por el fruto de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.

nutritivo y otros factores que afectan el desarrollo de los vegetales y el crecimiento o rendimiento de la planta.

Una de las primeras y que puede ser una explicación a los resultados obtenidos para esta variable fue debida a Liebig, quien la expresó como ley del mínimo: El crecimiento de la planta está regulado por el factor presente en cantidad mínima, y aumenta o disminuye según aumente o disminuya la cantidad de ese elemento o un nutriente. El crecimiento de la planta aumenta con adiciones del factor limitante hasta que éste deja de actuar como tal; entonces, el crecimiento se hace independiente de este factor hasta llegar a un límite en el que todo aumento supone que se haga tóxico y provoque una disminución del crecimiento y por lo tanto del rendimiento (Russell y Russell 1968).

Otros autores concuerdan con lo expuesto respecto a la fertilidad inicial del suelo; Bejarano (1971), señala que existen incrementos lineales en el área foliar total, lo cual aumenta hasta cierto límite con la dosis de nitrógeno; también observó que en un suelo rico en dicho nutrimento, el aumento en la dosis del mismo produce una disminución en el número de hojas/planta, con lo cual disminuye el rendimiento en materia verde total de la planta. Huerta y Núñez (1969), estudiaron las respuestas en rendimiento con diferentes dosis de nitrógeno, obteniendo incrementos hasta la dosis de 120 kg de N/ha

encontrando que el aumento en la dosis no tuvo ya efecto alguno, presentándose efectos detrimentales en el rendimiento, debiéndose este hecho a los efectos residuales de fertilizaciones nitrogenadas anteriores.

Magdoff et al., citados por Alvarez (1988), encontraron una estrecha relación entre el nitrógeno precedente al establecimiento del cultivo y el rendimiento de maíz forrajero en el que las diferencias de nitrógeno disponible afectan al desarrollo del cultivo y son debidas a las adiciones anteriores de tal nutriente, puesto que ésta alcanza niveles tóxicos al ser fertilizado el cultivo.

Para controlar lo mencionado anteriormente, cuando se realizan aplicaciones de abonos nitrogenados, casi siempre conviene aplicar fertilizantes que contengan fósforo, a fin de equilibrar la fertilidad del suelo y evitar problemas de interacciones negativas con éste último según Robles (1978).

En resumen, se puede deducir que existió una cantidad importante de nitrógeno en el suelo y al ser nuevamente fertilizado se elevó la cantidad de este nutriente al grado de llegar posiblemente a ser tóxico para los tratamientos con los mayores niveles, afectando así su rendimiento.

Se puede observar en el Cuadro 1A del apéndice que el rendimiento en materia verde de la planta completa está

correlacionado positivamente y con alta significancia con la variable de producción de materia seca por la planta completa. Esta correlación significa que a medida que aumenta el rendimiento de materia verde, aumenta el rendimiento en materia seca. Estos resultados son lógicos si se considera que la variable de rendimiento de M.S. en la planta completa, también fue el tratamiento de 80 kg de N/ha el que obtuvo el mejor rendimiento, pudiendo ser la causa de esto una mayor eficiencia en la fotosíntesis por parte de los tratamientos con menor distribución de carbohidratos para la producción de materia seca, lo cual está de acuerdo con lo publicado por Donald, citado por Dueñas (1977), quien menciona que bajo condiciones óptimas de humedad, temperatura y fertilidad de suelo, la luz limita el crecimiento ante altas acumulaciones de forraje, ya que no se realiza la fotosíntesis por algunas partes de la planta, porque no les llega la luz necesaria para dicha función y por lo tanto debe tomarse en cuenta una baja en la producción de materia seca, al ser utilizados los carbohidratos en el crecimiento.

El comportamiento de los tratamientos se puede observar en la Figura 12.

#### **5.11. Producción de materia seca en la planta completa.**

El Cuadro 23 que presenta el análisis de varianza para el rendimiento en M.S. en la planta completa, muestra diferencias

Cuadro 21.- Análisis de varianza para el rendimiento de materia verde en la planta completa de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R.	> F.
Tratamientos	6	3637355354.4	606225892.4	11.37	0.0001	++
Bloques	4	48452678.9	12113169.7	0.23	0.9204	N.S.
Error	24	1279148997.0	53297874.8			
Total	34	496457030.4				

C.V. = 8.9%

Cuadro 22.- Comparación de medias de rendimiento de materia verde (kg/ha) en la planta completa de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada (Tukey 5%).

NIVELES DE NITROGENO	MEDIAS	GRUPOS
3	104724	A
4	82560	B
5	81480	B
2	78174	B
1	75985	B
6	73785	B
7	72211	B

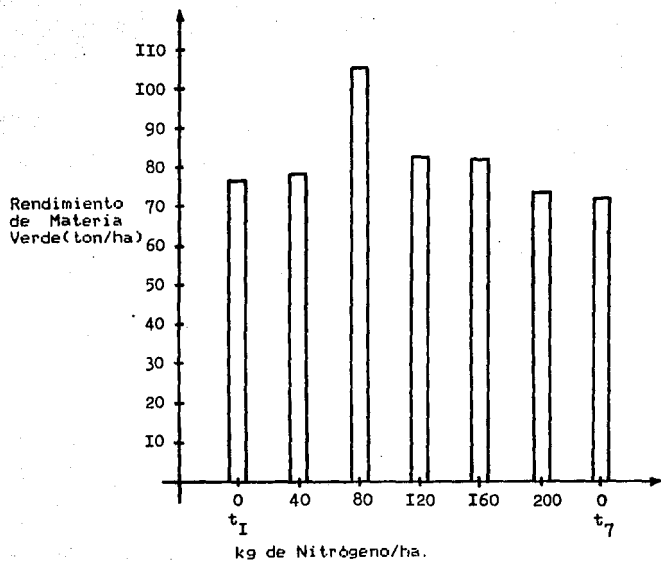


Figura 12.- Rendimiento de materia verde en la planta completa de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.

altamente significativas para tratamientos. Así mismo, en la prueba de comparación de medias Cuadro 24, se presentó una diferencia estadística en la que el grupo de medias con el más rendimiento está representado por los tratamientos de 80 y 160 kg de nitrógeno/ha, éste último resultó estadísticamente similar a los tratamientos restantes que obtuvieron el rendimiento más bajo (Figura 13).

Von Burg citado por Baeyens (1970), indica que si el suelo contiene una reserva suficiente de principios nutritivos asimilables y si existe suficiente agua disponible, el porcentaje de M.S. y mineral de planta aumentaría, excepto con el nitrógeno si la disponibilidad de éste fuera excesiva; si esta condición se cumple, el peso de la cosecha es más elevado en condiciones de buena humedad pero la planta es más acuosa y menos rica en materia seca.

Esto coincide con los resultados obtenidos por Pulido (1987) que en base a trabajos realizados con 2 especies de Amarantho y diferentes dosis de nitrógeno señala que una diferencia entre éstas fue que a una dosis similar se produce mayor peso en la cosecha con un elevado nivel de humedad y que en condiciones de mayor déficit hídrico se aprovecha más el nitrógeno en la formación de M.S.; lo que indica que en los tratamientos que no fue excesivo este nutriente se aprovechó mejor en la formación de carbohidratos, proteínas y aminoácidos de lo cual consiste



la materia seca.

Otros autores como Russell y Russell (1968), señalan que la extensión del área foliar que realiza fotosíntesis es a grosso modo proporcional a la cantidad de nitrógeno suministrado. El nitrógeno por consiguiente, aumenta la razón protoplasma-materiales de pared celular, y esto tiene varias consecuencias, ya que aumenta el tamaño de las células y éstas presentan una pared más delgada, haciendo a las hojas más succulentas y con menos fibra, lo que ocasiona una disminución en la producción de materia seca.

Con respecto a la interacción densidad-producción de M.S., Hoyt et al., citados por Bejarano (1971), mencionan que las hojas superiores, son más efectivas que las hojas inferiores para producir materia seca. La cantidad producida por  $1m^2$  de área foliar de hojas superiores, medias e inferiores con un índice de área foliar de 3.3, tuvo una relación 4:2:1 (267, 142 y 67 gramos respectivamente), por lo que se deduce que la baja cantidad de M.S. producida por los tratamientos con mayor desarrollo, estuvieron bajo una reducción de intensidad de luz debido a la sombra de las hojas superiores.

Se puede observar en el Cuadro 1A, del apéndice que existe correlación con la variable de absorción de nitrógeno por la planta completa que resulta positiva y con alta significancia

( $r=0.87$ ), ésto se explica si se toma en cuenta el abundante follaje formado.

Jussiaux, citado por Dueñas (1977), señala que el nitrógeno en el cultivo de maíz favorece el desarrollo vegetativo, aumenta el contenido de materia nitrogenada y aumenta el rendimiento por unidad de superficie hasta cierto punto en el cual deja de ser el nutriente más limitativo.

Con respecto al C.V., que se observa en el Cuadro 23, se puede concluir que no existió mucha variabilidad en cuanto al manejo de la información en la variable.

#### 5.12. Nitrógeno absorbido por la planta completa.

Respecto a esta variable el ANDEVA que se presenta en el Cuadro 25, indica que no existió ninguna diferencia estadística entre los tratamientos, no obstante que en la comparación de medias se puede apreciar que el tratamiento con 80 kg de N/ha, aun cuando no difirió estadísticamente en los otros niveles, obtuvo la mejor respuesta y fue el que resultó con mayor porcentaje de nitrógeno absorbido. El testigo fue el tratamiento con la menor absorción como se muestra en el Cuadro 26. En la Figura 14, se muestra el comportamiento de los tratamientos.

Observando que los tratamientos no tuvieron diferencias de

Cuadro 23.- Análisis de varianza para el rendimiento de materia seca en la planta completa de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F.
Tratamientos	6	193764376.3	32294062.7	5.17	0.0016 N.S.
Bloques	4	7303547.2	1825886.8	0.29	0.8802 N.S.
Error	24	149998801.9	6249950.0		
Total	34	351066725.5			

C.V. = 14.3%

Cuadro 24.- Comparación de medias de rendimiento de materia seca (kg/ha) en la planta completa de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada (Tukey 5%).

NIVELES DE NITROGENO	MEDIAS	GRUPOS
3	22799	A
5	18586	A B
1	16499	B
7	16115	B
6	16115	B
2	15992	B
4	15948	B

Nota: Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

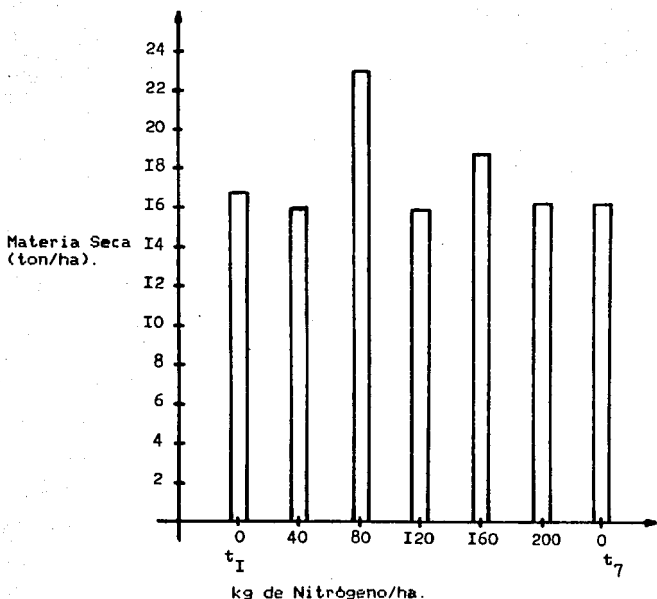


Figura 13.- Rendimiento de materia seca en la planta completa de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.

mucha importancia en el porcentaje de nitrógeno absorbido, y si se toman en cuenta las dosis de 120, 160 y 200 kg de nitrógeno por hectárea que se utilizaron en algunos de estos tratamientos y que en los resultados de los análisis del suelo se observó un elevado contenido de nitrógeno (Cuadro 2A del apéndice) se puede argumentar que se provocó un desbalance nutricional en esos tratamientos, por lo que en las dosis más bajas la suplementación de nutrientes fue más equilibrada y por lo tanto con mejores resultados en la absorción de nitrógeno.

La investigación ha demostrado que ciertos elementos son necesarios para el normal desarrollo de las plantas y que además, debe existir un equilibrio idóneo entre las concentraciones de estos elementos nutritivos en el suelo; Box (1979) y Baeyens (1970), concuerdan en que para conseguir la apropiada utilización del nitrógeno, es necesario que los demás nutrientes esenciales para las plantas se encuentren en proporciones equilibradas. Además, mencionan que el exceso de nitrógeno en el suelo puede provocar desbalances nutricionales, que afectan la absorción de otros elementos como el fósforo, el potasio y el azufre, que a su vez pudieran provocar disminuciones en el porcentaje de nitrógeno absorbido por la planta.

Según Hauser (1980), las medidas de desarrollo del cultivo que se realizan en los ensayos de invernadero, por lo común, son el

rendimiento de materia seca y de nitrógeno en la parte aérea vegetal. De esto se considera que la absorción de nitrógeno por la planta es un mejor criterio de disponibilidad de este elemento que el rendimiento de materia seca, puesto que el crecimiento vegetal no solamente es gobernado por la disponibilidad de nitrógeno sino también la de otros nutrientes y factores de crecimiento (suelo, temperatura, luz, humedad, etc.) además de que la absorción de nitrógeno por las plantas no necesariamente resulta en un incremento en la producción de materia seca, después de cierto nivel. A su vez esto confirma lo anteriormente expuesto, respecto al contenido inicial de nutrientes existentes en la parcela experimental, lo cual aumentó la dosis de nitrógeno.

En el Cuadro 1A del apéndice se observa que esta variable presentó tres correlaciones positivas y de alta significancia; la primera con la variable de rendimiento de materia seca de la hoja ( $r=0.63$ ), la segunda con la variable de absorción de nitrógeno por el tallo ( $r=0.68$ ), y la última con el rendimiento en materia seca de la planta completa ( $r=0.67$ ), las cuales ya han sido explicadas al momento de analizar los resultados de cada una de las variables mencionadas.

Respecto al C.V. de la variable el cual se observa en el Cuadro 25, se concluye que es de los más bajos, por lo tanto se puede decir que no se presentó mucha variación en los datos.

Cuadro 25.- Análisis de varianza para la absorción de nitrógeno (kg/ha) por la planta completa de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	P.R. > F.
Tratamientos	6	7385.1	1230.8	0.84	0.5482 N.S.
Bloques	4	4112.0	1028.0	0.71	0.5960 N.S.
Error	24	34968.3	1457.0		
Total	34	46465.5			

C.V. = 17.6%

Cuadro 26.- Comparación de medias de la absorción de nitrógeno (kg/ha), por la planta completa de maíz, bajo diversos tratamientos de fertilización nitrogenada (Tukey 5%).

NIVELES DE NITROGENO	MEDIAS	GRUPOS
3	240.20	A
5	225.96	A
1	226.24	A
4	214.18	A
6	214.14	A
2	210.68	A
7	188.75	A

Nota: Las medias con la misma letra no son significativamente diferentes.

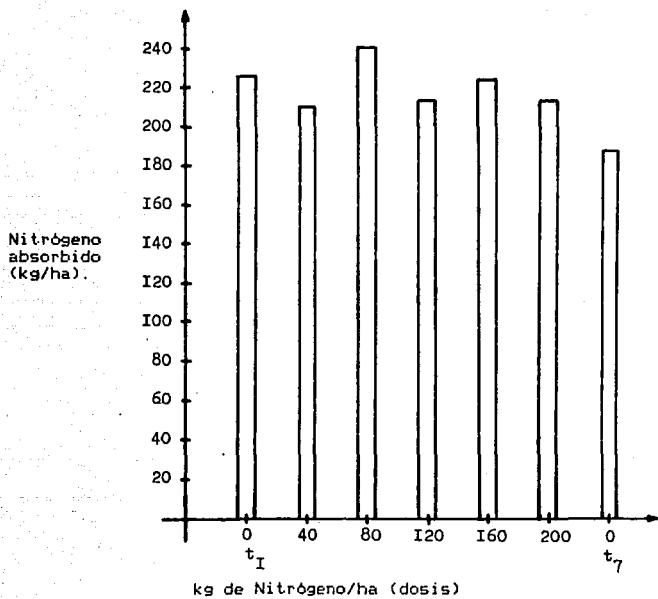


Figura 14.- Nitrógeno absorbido (kg/ha), por la planta completa de maíz forrajero cv.H-133, sometido a diversos tratamientos de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, México.



### 5.13. Eficiencia de la fertilización nitrogenada.

Los resultados obtenidos con respecto a la eficiencia de la fertilización nitrogenada (Cuadro 27), demuestran que el más alto nivel se presentó en la dosis de 80 kg de N/ha. Este resultado tiene una explicación lógica si se toma en cuenta que los patrones de extracción de nitrógeno, guardan cierta similitud con los correspondientes a producción de materia seca de las diferentes partes de la planta y la planta total, es decir que a mayor producción de materia seca, mejor uso le dio la planta al fertilizante extraído.

La situación es acorde con los resultados encontrados por otros investigadores como: Campell y Davison (1979), Roy y Wriqth (1974), citados por González (1984) y Medina (1989), quienes en sus experimentos observaron algunas diferencias en la cantidad de nitrógeno extraído por los diferentes tratamientos, lo cual se tradujo a una mayor producción de materia seca cuando la planta absorbía más nitrógeno, hasta cierto límite en el cual empezaba a declinar el rendimiento de ésta.

Entre los factores que se considera que influyeron para que el tratamiento de 80 kg de N/ha obtuviera el más alto nivel de eficiencia se encuentran las buenas características físico-químicas del suelo donde fue realizado el experimento; esto coadyuva a conservar un buen nivel de fertilidad (Cuadro 2A).

Al poseer los suelos estas características, se deduce que la

fertilidad inicial de los mismos elevó los niveles de nitrógeno aprovechable al ser agregados los fertilizantes químicos a los tratamientos. Esto puede corroborarse si se observa que la absorción de nitrógeno por diferentes órganos y la planta completa en distintos tratamientos tienen diferencias aunque no muy significativas y los tratamientos con menores dosis aprovecharon mejor el nitrógeno absorbido al rendir mayor cantidad de materia seca y no presentar excesivo desarrollo vegetativo y succulencia como los tratamientos que absorbieron nitrógeno en exceso obteniendo una menor eficiencia de la fertilidad al producirse un desbalance nutricional.

Garza (1976), también reporta que en el maíz, el nitrógeno realiza funciones tales como estimular el crecimiento, controlar la asimilación de otros elementos como el fósforo, potasio y calcio, incrementa el contenido de grasas y proteínas, produciendo mayor succulencia en los tejidos.

Otros investigadores que obtuvieron resultados similares fueron Singh y Singh (1979), quienes al estudiar el efecto de diferentes dosis y métodos de aplicación de nitrógeno sobre la eficiencia de fertilización nitrogenada, encontraron que existió un incremento significativo en este valor al aumentar el nivel de aplicación de nitrógeno, variando de 27.3 a 43.6% y 55.1% de eficiencia nitrogenada para 30, 60 y 90 kg de nitrógeno por hectárea respectivamente.

La humedad del suelo es otro factor que se relaciona con el crecimiento de la planta y su capacidad para absorber nutrimentos en varios aspectos, entre ellos la facilidad de la solución del suelo para penetrar en la raíz; ésto fue estudiado por Hussein y Reiad (1979), Campell y Davidson (1979), Somawanshi y Goswami (1980) citados por González (1984), quienes en sus experimentos observaron que la producción de materia seca, así como la extracción de nitrógeno y potasio se incrementaron cuando fue mayor el nivel de humedad en el suelo.

La influencia que ejerce la humedad del suelo sobre la eficiencia de la fertilidad nitrogenada fue estudiada también por Killingsbaek y Simmelsgard (1986), y encontraron que la eficiencia varió de 75 a 90% en cereales cultivados bajo condiciones adecuadas de humedad, disminuyendo este porcentaje de eficiencia de 30 a 50% bajo condiciones de sequía.

Cuadro 27.- Eficiencia de la fertilización nitrogenada en maíz forrajero cv.H-133.

NIVELES DE NITROGENO (KG/HA)	EFICIENCIA (%)
40	83.75
80	304.3
120	31.15
160	72.36
200	20.45

## VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Según los resultados obtenidos y las condiciones imperantes para el experimento en cuestión se concluye lo siguiente:

- 1.- La aplicación de diferentes dosis de nitrógeno a los tratamientos estudiados causaron diferencias en la producción de Materia Verde y Materia Seca.
- 2.- Bajo condiciones de clima, suelo y manejo del experimento, el cultivo de maíz en producción de forraje verde respondió sólo hasta la dosis de 80 kg de N/ha; dosis mayores no tuvieron influencia en el rendimiento presentándose una tendencia detrimental al presentar mayor suculencia a niveles de fertilización más altos.
- 3.- Se presentó una mayor respuesta a la formación de materia seca con la dosis de 80 kg de nitrógeno/ha, dosis mayores como las de 120 y 160 kg de N/ha, presentaron una tendencia detrimental no significativa, no así la dosis más elevada (200 kg de N/ha) que se manifestó con un efecto detrimental muy significativo.
- 4.- La respuesta de la planta a la fertilización nitrogenada en términos de absorción de nitrógeno fue positiva hasta los niveles más altos (200 kg de N/ha) presentando una

tendencia detrimental no significativa a niveles de fertilización inferiores.

- 5.- La dinámica de producción de Materia Seca y extracción nutrimental se muestran asociados con el rendimiento y la eficiencia del uso del fertilizante.
- 6.- En cuanto a la eficiencia de la fertilización nitrogenada, la mayor se alcanzó con la dosis de 80 kg de nitrógeno por hectárea.
- 7.- La fertilidad inicial del suelo provocó que las dosis se elevaran y existiera una mayor disponibilidad de nitrógeno en la solución del suelo por lo que se presentaron pérdidas en el rendimiento y retraso en la madurez del fruto, no permitiendo su completa formación, además de causar el acame en algunas plantas en los tratamientos con dosis de 160 y 200 kg de nitrógeno por hectárea.

Finalmente sería recomendable realizar una investigación más amplia con respecto a la dinámica de la extracción nutrimental en maíz bajo elevadas densidades de población puesto que representa una información valiosa en el sentido de que define, de una manera clara la etapa en que es más intensa la demanda de nitrógeno por parte del cultivo y, por consiguiente,

el periodo en que podria lograrse una mayor eficiencia de los fertilizantes nitrogenados aplicados al suelo.

De acuerdo con lo anterior, resulta evidente entonces la gran utilidad que los patrones de extracción de nitrógeno, expresados por medio de la producción de materia verde, materia seca, fenología, contenido de nitrógeno en los diferentes órganos..... etc., representarían para planear una fertilización integral, la cual podria incluir a los fertilizantes foliares para, en última instancia, aumentar la eficiencia y disminuir los costos de la fertilización.

#### BIBLIOGRAFIA.

1. Aldrich R., S. y E. Leng R. (1974). Producción moderna del maíz. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires Argentina.
2. Alvarez S., M. E. (1988). Selección de métodos de diagnóstico de nitrógeno aprovechable en el suelo; Tesis de M.C. Especialista en Edafología. C.P., Montecillo, Méx.
3. Amezcua G., E. y A. Meza H. (1986). Rendimiento y calidad de forraje de híbridos comerciales y experimentales de maíz (*Zea mays* L.) para Valles Altos. Tesis de Lic. F.E.S.-Cauhtitlán, U.N.A.M.
4. Andrade C., M. (1976). Influencia del nitrógeno, fósforo, molibdeno, zinc y estiércol de gallina en los rendimientos de maíz de temporal en parte de la zona V del Plan Puebla. Tesis de Lic. E.N.A., Chapingo, Méx.
5. Baeyens J. (1970). Nutrición de las plantas de cultivo. Ed. Lemus. Madrid España.
6. Bejarano E., W. (1971). Dosis y fraccionamiento de la fertilización nitrogenada en maíz en Chapingo, Méx. Tesis de M.C. Especialista en Edafología. C.P., Chapingo, Méx.

7. Bert M., M. G. (1964). Concentraciones de N, P y K, necesarias para siembra de maíz (*Zea Mays L.*) cv.H-309, en el Estado de Durango. Tesis de Lic. Monterrey, N.L.
8. Black C., A. (1975). Relaciones suelo-planta. Ed. Hemisferio Sur, Buenos Aires Argentina.
9. Box J. (1979). Servicio de Extensión Agrícola, Texas A. y M., (University College Station) La hacienda año 74;mun.2 marzo/abril 1979.
10. Buckman H., O. y C. Brady N. (1977). Naturaleza y propiedades de los suelos. Ed. Montaner y Simon S.A., 1a. Ed. Barcelona España.
11. Cadena M., M. (1973). Nivel de humedad, dosis de fertilizante y población para una mayor producción de maíz H-129, a nivel comercial en la zona de Chapingo, Méx. Tesis de Lic. E.N.A. Chapingo, Méx.
12. CAEVAMEX, CIAMEG, INIA, SARH; (1981). Logros y aportaciones de la investigación agrícola en el área de influencia del CAEVAMEX., Chapingo, Edo. de Méx. marzo de 1981. Publicación especial Número 1.
13. Castro Z., R. (1974). Efecto de la distancia entre surcos, densidad de población, subsiolo, abonado y



fertilización química en la producción de maíz bajo temporal deficiente. Tesis de M.C. Especialista en Edafología C.P. Chapingo, Méx.

14. Cázarez G., L. R. (1988). Evaluación del estado nutrimental de los alfalfares del Valle de México. Tesis de M.C. Especialista en Edafología. C.P. Montecillo, Méx.
15. Colinas L., M. T. (1974). Análisis del contenido de proteínas del maíz híbrido H-28 en diferentes etapas fisiológicas de su desarrollo. Tesis de M.C., Especialista en Edafología. C.P. Chapingo, Méx.
16. Cooke G., W. (1983). Fertilización para rendimientos máximos, traducción de Marino A., A. Ed. Continental, Méx.
17. Chandler W., V. (1960). Nutrient uptake by corn in North Carolina Tech. Bull. of North Carolina Agr. Exp. Dirección General de Economía Agrícola. 1963-73.
18. Chávez E., D. (1970). Influencia del nitrógeno en el rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) y en la concentración de nitratos en el tejido vegetal. Tesis de Lic. Universidad de Sonora. E.A.G.

19. De la Teja A., O. (1982). Estudio de las características edáficas de los suelos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. Departamento de Ciencias Agrícolas F.E.S.- Cuautitlán, U.N.A.M. Cuautitlán, Méx. (Mimeografía).
20. Duchaufour, P. (1978). Manual de Edafología. Ed. Toray-Masson S.A. Barcelona, España.
21. Dueñas L., E. (1977). Efecto de la densidad de población y la fertilización nitrogenada y fosfatada en el rendimiento de maíz forrajero H-127. Tesis de Lic. E.N.A. Chapingo, Méx.
22. Donahue L., R., R. Miller W. y J. Shickluna C. (1977). Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Ed. P.H.I.
23. Eberhart S., A. y G. Sprague F. (1978). Guide for field crops in the tropics and the subtropics (Universidad del Estado de Iowa), La hacienda año 73; número 3; mayo/junio.
24. Evans L., T. (1983). Fisiología de los cultivos Ed. Hemisferio Sur S.A. 1a. Ed. en español.
25. Fassbender W., H. (1975). Química de suelos, con énfasis en suelos de América Latina. IICA; Turrialba, Costa Rica.

26. FERTIMEX, (1981). Uso y aplicación de fertilizantes, Serie de capacitación No.13.
27. Figueroa S., B. (1972). Interacción: densidad de población, distancia entre surcos y fertilización nitrogenada en los híbridos de maíz H-129 y H-110 en Chapingo, Méx. Tesis de Lic. E.N.A. Chapingo, Méx.
28. García A., C. (1981). Evaluación del rendimiento y calidad nutricional de híbrido y variedades de maíz forrajero para ensilaje y heno, con tres densidades de siembra bajo condiciones de riego en Cd. Anáhuac, N.L. Tesis de Lic. ITESM. Monterrey, N.L.
29. Garza G., M. A. (1976). Fertilización nitrogenada y Fosfórica en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.) de riego en la zona de Cadereyta Jiménez, N.L. Tesis de Lic. ITESM. Monterrey, N.L.
30. Gaucher N. (1971). Tratado de pedología; El suelo y sus características agronómicas Ed. Omega, Barcelona España.
31. González R., L. (1983). Evaluación de ocho variedades comerciales de maíz (*Zea Mays* L.) de forraje y

grano durante el verano de 1983. Apodaca, N.L.  
Tesis de Lic. ITESM, Monterrey, N.L.

32. González E., D. R. (1984). Análisis de la dinámica de producción de materia seca y extracción de nitrógeno, Fósforo y Potasio en trigo cultivado bajo diferentes ambientes; Tesis de M.C. Especialista en Edafología C.P. Montesillo, Méx.
33. Gros A. (1981). Abonos, guía práctica de la fertilización. 7a. Ed. Ed. Mundi - Prensa, Madrid España.
34. Guerrero G., A. (1981). Cultivos herbáceos extensivos. 2a. Ed. Ed. Mundi-Prensa, Madrid España.
35. Guillén A. (1984). Efectos del desespigamiento y despunte en variedades de maíz de la Mesa Central. Tesis de Lic. F.E.S.-Cautitlán, Méx.
36. Hauser F., G. (1980). Interpretación de los análisis de suelo al formular recomendaciones de fertilizantes. Boletín de suelos de la F.A.O., No.18, Roma.
37. Huerta N., R. y R. Núñez E. (1969). Influencia de la densidad de población, distancia entre surcos y dosis de nitrógeno sobre el rendimiento y otras características de los híbridos de maíz H-125 y

H-129 en Chapingo, Méx. Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo No.4, Monterrey, N.L. 1969 Memorias Tomo 1.

38. Hughes H., D., M. Heath E. y D. Metcalfe S. (1972). Forrajes, Ed. Continental México.
39. Jacob A. y V. Uexkull H. (1964). Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales, Trad. L. López Martínez de Alba. Hannover, Alemania.
40. Kyllingsbaek A. y E. Simmelsgaard S. (1986). Nitrogen use efficiency and loss for sand soils. Tidsskrift for planteavl, 90 (3), 267-268.
41. Laird R., J., J. Pitne, B. A. Barragán y T. Amador (1954). Fertilizantes y prácticas para la producción del maíz en la parte central de México., S.A. G., O.E.E. México, D.F. Folleto técnico No.13.
42. Laird R., J. y H. Rodríguez G. (1965). Fertilización de maíz de temporal en regiones de Guanajuato, Michoacán y Jalisco. S.A.G., I.N.I.A. Folleto técnico No.50
43. Medina M., S. L. (1989). Dosis óptima y eficiencia de la fertilización nitrogenada e avena (*Avena sativa*

- L.) cv. Chihuahua en la F.E.S.-Cuautitlán, Méx.  
Tesis de Lic. F.E.S.-Cuautitlán, U.N.A.M.
44. Mengel K. y E. A. Kirkby. (1978). Principles of plant nutrition. Inter. Pothash Inst., Bern Switzerland.
  45. Morfin L., L. (1982). Manual del laboratorio de bromatología F.E.S.-Cuautitlán, Méx. U.N.A.M. Departamento de Medicina Veterinaria y Zootecnia.
  46. Muñoz M., R. (1971). Ensayo de rendimiento de seis variedades de maíz forrajero para ensilar, en la región de Matamoros, Tamps. Tesis de Lic. U.A.A.N.
  47. Núñez E., R. and E. Kamprath. (1969). Relationships between response, plant population, row width on growth and yield of corn. Agron. J. 61.
  48. Padilla M., J. (1981). Densidad de siembra en cruas intravarietades y comerciales de maíz (*Zea mays* L.) y su efecto en la producción de forraje para ensilaje en Apodaca, N.L. Tesis de Lic. ITESM. Monterrey, N.L.
  49. Pallares O., C. (1971). Influencia de la fertilización nitrogenada, densidad de población y método de siembra, sobre el maíz H-129 en Huexotla, Méx. Tesis de Lic. E.N.A. Chapingo, Méx.

50. Pérez Z., O. (1970). Fertilización de maíz de temporal en la zona de Soledad Doblado, de la región central de Veracruz. Tesis de Lic. E.N.A. Chapingo, Méx.
51. Pineda M., J. R. (1980). La dinámica del nitrógeno en el suelo y el balance nitrogenado Suelo-Planta, bajo cultivo de maíz (*Zea mays* L.) Tesis de Doctorado en Edafología Chapingo, Méx. C.P.
52. Pineda M., J. R., R. Núñez E. y J. J. Martínez H. (1986). Respuesta del maíz (*Zea mays* L.) en producción de grano, rastrojo, materia seca y absorción de Nitrógeno a diferentes niveles, fuentes y oportunidades de aplicación de (N).
53. Primo Y., E. y J. M. Carrasco D. (1981). Química Agrícola. Ed. Alhambra; España.
54. Pulido M., L. (1987). El nitrógeno y la humedad en el rendimiento de grano, materia seca y calidad de proteínas de *Amaranthus bicolor* y *A. cruentus*. Tesis de M.C. Especialista en Edafología. C.P. Montecillo, Méx.
55. Ramírez P., E. y J. Laird R. (1960). Densidad óptima de plantas de maíz para los Valles de México y Toluca, México. Folleto técnico No.42. Oficina de Estudios Especiales S.A.G.

56. Ramírez R., E. (1976). Estudio del incremento y translocación de proteína en la planta de maíz, con relación al desespigamiento en cuatro fenotipos. Chapingo, Méx.
57. Reyna T., T. (1978). Características climático frutícolas en Cuautitlán, Estado de Méx. Boletín del Instituto de Geografía. Vol.8 U.N.A.M. D.F. México.
58. Robles S., R. (1978). Producción de granos y forrajes. 2a. Ed. Ed. Limusa. México.
59. Rodríguez S., F. (1982). Fertilizantes; Nutrición Vegetal. Ed. Continental, México.
60. Russell E., J. y W. Russell E. (1968) Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. Ed. Juan Bravo, Madrid España.
61. Sada S., F. M. R. (1975). Efecto de algunas variables agronómicas sobre el rendimiento y su composición en el maíz forrajero. Tesis de Lic. E.N.A. Chapingo, Méx.
62. Sánchez R., C. A. (1972). Efecto de cuatro niveles de humedad, cuatro dosis de nitrógeno y cuatro niveles de población sobre el rendimiento de grano



- y materia seca en el maíz H-129 en la zona de Chapingo, Méx. Tesis de Lic. E.N.A. Chapingo, Méx.
63. Sandoval C., E. (1987). Estudio de la dinámica del crecimiento y de la absorción de nitrógeno del trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo condiciones de temporal en el Valle de Nochixtlán, Oax. C.P. Tesis de M.C. Especialista en Edafología, Montecillo, México.
64. SARH-DGEA. (1981). Anuario de la producción agrícola nacional, México.
65. Singh, U., N. y R. A. Singh. (1979). Effect of nitrogen on the yield of rainfed oat and its nitrogen uptake and moisture use. Indian Journal of Agricultural Science, 49, (12), 945-949.
66. Tanaka A., J. Yamaguchi. (1972). Producción de materia seca, componentes del rendimiento y rendimiento del grano de maíz. Traducción por Josué Kobashi Shibata. Chapingo, Méx. Colegio de postgraduados. 1977.
67. Thompson M., L. Y F. Troeh R. (1980). Los suelos y su fertilidad. 4a. Ed. Editorial Reverté. Barcelona España.

68. Torres R., E. (1983). Agro Metereologia. Ed. Diana, México.
69. Vázquez A., J. V. (1977). Respuesta del maíz a los fertilizantes y la densidad de población en la parte oeste del Estado de Tlaxcala, para el ciclo agrícola de 1986. Tesis de Lic. Chapingo, Méx.

**A P E N D I C E**

Cuadro 1A. Coeficiente de correlación de las variables estudiadas en maíz forrajero cv.H-133, bajo diversos niveles de fertilización nitrogenada en Cuautitlán Izcalli, Méx.

	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
X	11.00000	0.85304	0.41115	0.76980	0.51729	0.32343	0.14249	0.07360	0.43799	0.92604	0.79519	0.39370		
1	0.0000	0.0001	0.0141	0.0001	0.0015	0.0501	0.4142	0.6735	0.0065	0.0001	0.0001	0.0193		
X		11.00000	0.39099	0.68658	0.60732	0.32075	0.04550	0.25415	0.45155	0.66992	0.76584	0.43930		
2		0.0000	0.0202	0.0001	0.0001	0.0603	0.7952	0.1407	0.0065	0.0001	0.0001	0.0083		
X			11.00000	0.16335	0.13487	0.66522	0.17580	0.04289	0.74069	0.70572	0.47423	0.25353		
3			0.0000	0.3484	0.4398	0.0001	0.3124	0.8067	0.0001	0.0001	0.0040	0.1417		
X				11.00000	0.63810	0.09109	0.43183	0.36088	0.12826	0.66174	0.85495	0.60700		
4				0.0000	0.0001	0.6028	0.0096	0.0332	0.4628	0.0001	0.0001	0.0001		
X					11.00000	0.01842	0.38724	0.45303	0.14272	0.48923	0.67084	0.63965		
5					0.0000	0.9164	0.0215	0.0063	0.4134	0.0029	0.0001	0.0001		
X						11.00000	0.22532	0.15730	0.93109	0.51485	0.54947	0.24302		
6						0.0000	0.1931	0.3668	0.0001	0.0016	0.0096	0.1595		
X							11.00000	0.06294	0.17218	0.02420	0.26494	0.68681		
7							0.0000	0.6316	0.3226	0.8902	0.1240	0.6001		
X								11.00000	0.18922	0.08352	0.27151	0.55671		
8								0.0000	0.2763	0.6234	0.1146	0.0005		
X									11.00000	0.63916	0.58482	0.30374		
9									0.0000	0.0001	0.0002	0.0761		
X										11.00000	0.81442	0.42320		
10										0.0000	0.0001	0.0113		
X											11.00000	0.67805		
11											0.0000	0.0001		
X												11.00000		
12												0.0000		

Cuadro 2A. Nomenclatura de las variables estudiadas:

Variable	Definición
X 1 =	Rendimiento en materia verde del tallo.
X 2 =	Rendimiento en materia verde de la hoja.
X 3 =	Rendimiento en materia verde del fruto.
X 4 =	Rendimiento en materia seca del tallo.
X 5 =	Rendimiento en materia seca de la hoja.
X 6 =	Rendimiento en materia seca del fruto.
X 7 =	Porcentaje de nitrógeno absorbido por el tallo.
X 8 =	Porcentaje de nitrógeno absorbido por la hoja.
X 9 =	Porcentaje de nitrógeno absorbido por el fruto.
X 10 =	Rendimiento en materia verde en la planta completa.
X 11 =	Rendimiento en materia seca en la planta completa.
X 12 =	Porcentaje de N. absorbido por la planta completa.

Cuadro 3A. Resultados del análisis físico-químico del suelo correspondiente al sitio experimental.

Variable	+	Valor obtenido	Clasificación
Arena	(1)	38	
Limo	(1)	24	
Arcilla	(1)	38	
Textura		Migajón Arcilloso	
Color		Gris claro	
Densidad aparente	(2)	1.14	Bajo
Densidad real	(2)	2.44	Bajo
pH		6.8	Neutro
Materia Orgánica	(1)	3.7	Alto
C.E.	(3)	1.27	Medio
C.I.C.T	(4)	30	Alto
Nitrógeno aprovechable	(5)	93	Alto
P 0	(5)	690	Alto
2 5 K 0	(5)	2429	Alto
2 Calcio	(5)	4300	Alto
Magnesio	(5)	1732	Alto
Azufre	(5)	156	Alto
Boro	(5)	3.8	Alto
Cobre	(5)	0.7	ajo
Fierro	(5)	23	Bajo
Manganeso	(5)	137	Alto
Zinc	(5)	7.5	Medio

3  
+1)%; 2)gr/cm ; 3)mmhos/cm; 4)meg/100gr; 5)kg/ha.