

0925  
0958

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



NIVELES DE FERTILIZACION NITROGENADA  
Y TIEMPOS DE APLICACION, EN EL CULTIVO  
DEL MAIZ DE RIEGO PARA GRANO EN EL  
MUNICIPIO DE MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

MIGUEL ANGEL MORA CASTILLO

MONTERREY, N. L.

AGOSTO 1982



0  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9

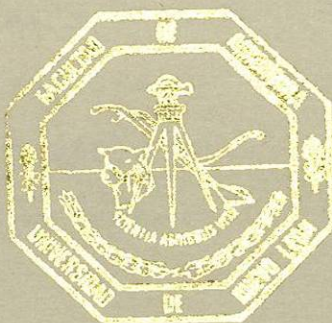
T  
SB191  
M2  
M6  
c.1



1080062815

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON

FACULTAD DE AGRONOMIA



NIVELES DE FERTILIZACION NITROGENADA  
Y TIEMPOS DE APLICACION, EN EL CULTIVO  
DEL MAIZ DE RIEGO PARA GRANO EN EL  
MUNICIPIO DE MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

MIGUEL ANGEL MORA CASTILLO

MONTERREY, N. L.

AGOSTO 1982



T  
SB191  
M2  
MG

040.633  
FA 11  
1982



Biblioteca Central  
Magna Solidaridad



FONDO  
TESIS LICENCIATURA

*Tesis*

A MIS PADRES:

SR. MODESTO MORA ALVARADO

SRA. MARIA ELENA CASTILLO DE MORA

Con cariño y amor eterno

que con sacrificios y buenos

consejos y su apoyo moral

supieron guiarme hasta la

culminación de mi carrera.

A MI ABUELITA:

SRA. GUADALUPE LIMAS DE CASTILLO

Con cariño.

A MIS HERMANOS:

JACINTO

GUADALUPE

MODESTO

SONIA

NORMA

MA. ELENA

VERONICA y

RUBEN



A MI ASESOR:

ING. AGR. M.C. GILDARDO CARMONA R.

Por sus acertados consejos en

la dirección de este trabajo.

ING. CECILIO ESCAREÑO R.

Por la facilidad otorgada para

la realización de los diferentes

Análisis de Laboratorio en el

Laboratorio de Suelos de la

F.A.U.A.N.L.

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

Por su cooperación desinteresada en

la realización de los

Análisis de Laboratorio.

A MIS MAESTROS:

A MI ESCUELA:

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS:

A todas las personas que de una forma u otra colaboraron para la realización del presente trabajo.



# I N D I C E

	PAGINA
INTRODUCCION. . . . .	1
LITERATURA REVISADA . . . . .	3
Nitrógeno. . . . .	3
Factores que afectan las aplicaciones de fer tilizante. . . . .	7
Fertilización del maíz . . . . .	12
Influencia de la fertilización sobre la can- tidad y contenido de proteína. . . . .	15
Fósforo. . . . .	20
Uso del análisis foliar. . . . .	24
MATERIALES Y METODOS. . . . .	29
RESULTADOS Y DISCUSION. . . . .	36
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. . . . .	45
RESUMEN . . . . .	47
BIBLIOGRAFIA. . . . .	50
APENDICE. . . . .	53

## INDICE DE TABLAS Y FIGURAS

Nº		PAGINA
1	Propiedades físicas-químicas de las muestras de suelo y subsuelo donde se desarrolló el experimento. . . . .	30
2	Lista de tratamientos utilizados a base de nitrógeno y fósforo en el experimento. . . .	31
3	Precipitación (mm) registrada durante el período del experimento. Ciclo Primavera, en Marín, N.L. . . . .	33
4	Análisis de varianza en la producción de grano en maíz. . . . .	36
5	Rendimiento promedio de maíz de grano para cada tratamiento . . . . .	37
6	Análisis de varianza del % de N presentes en las hojas. . . . .	39
7	Porcentaje de nitrógeno contenido en las hojas de maíz. . . . .	40
8	Análisis de varianza del % de proteína del grano del maíz . . . . .	41
9	Porcentaje de proteína en el grano. . . . .	42
10	Análisis de varianza del rendimiento de rastrojo como materia seca del maíz . . . . .	43
11	Rendimiento promedio de rastrojo de maíz como materia seca. . . . .	44
12	Rendimiento en grano de maíz en kilogramos por parcela útil (14.72 mts <sup>2</sup> ) y con un 14% de humedad. . . . .	53



Nº		PAGINA
13	Porcentaje de nitrógeno total contenido en - las hojas opuesta y abajo de la mazorca de - la planta del maíz a los 64 días de la germinación. . . . .	54
14	Porcentaje de proteína presente en el grano - de maíz. . . . .	55
15	Rendimiento de rastrojo como materia seca en kilogramos por parcela útil (7.36 mts <sup>2</sup> ). . .	56

FIGURA Nº

1	Distribución esquemática de las parcelas en el estudio de fertilización nitrogenada y -- tiempos de aplicación en el cultivo del maíz Marín, N.L. . . . .	32
---	--	----

## I N T R O D U C C I O N

El maíz constituye el alimento básico de mayor importancia en México y en casi todos los países de América, en nuestro país se calcula que esta especie cubre a rededor del 50% del área total que se encuentra bajo cultivo, en América el maíz llegó a constituir el cultivo fundamental para los colonizadores tal como, para el pueblo indígena, desempeñó un papel esencial en el desarrollo del continente de América y constituye en la actualidad el cultivo anual mas importante o valioso de los Estados Unidos de América ocupando casi la cuarta parte de la tierra cultivada en este país su valor económico se calcula en el doble de la cosecha que el trigo, en la producción mundial el maíz ocupa el tercer lugar por especie cultivada con una superficie total, de 105,142,000 hectareas y un rendimiento de 214,760,000 toneladas, esto de por sí explica la gran importancia del conocimiento y la obtención de nuevas y mejores técnicas de fertilización, riego, etc. para obtener los máximos rendimientos y óptima calidad.

Siempre que se desee implantar un cultivo se deberá tener la seguridad de que las plantas van a tener a su disposición todos los nutrientes que ello requiera para efectuar su perfecto desarrollo. En general la mayoría de los suelos de nuestra región son bajos en nitrógeno y medios en fósforo, esto aunando la gran demanda del maíz por los macronutrien-



tes como N,P y K, etc. provocan que en la mayoría de los casos se tengan rendimientos muy bajos resultando algunas veces incostebable.

Este experimento se planteo pensando en la posibilidad de aumentar los rendimientos grano del maíz mediante la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno con diferente número de aplicaciones durante el ciclo temprano en Marín, Nuevo -- León.

## LITERATURA REVISADA

El maíz agota el suelo en forma considerable, siendo unicamente bajo un correcto abastecimiento de nutrientes cuando puede proporcionar rendimientos satisfactorios, su rápido desarrollo origina el que la planta presenta ya en sus primeras etapas de crecimiento una elevada demanda de nutrientes facilmente aprovechable.

### Nitrógeno

En cuanto a la necesidad de nutrientes el maíz desde que se siembra hasta 20 días después el consumo de nitrógeno, ácido fosfórico y potasio es pequeño, en la segunda etapa (20 a 53 días) la planta inicia una absorción del alimento en forma intensa y en la tercera etapa (53 a 88 días) la demanda de nutrientes es mayor respecto a los períodos anteriores y de 88 a 122 días declinan las exigencias de nitrógeno con respecto a la tercer etapa, se estima que para que una producción de 5 ton/ha de maíz se requiere de 120 kg de N.(9)

Según Long citado por Jacob una cosecha de 2,845 kg de maíz en grano requiere 180 kg de N/ha, 62 kg de fósforo y 124 kg de potasio.

Soubies reporta las siguientes cantidades extraídas por cada 50 kg de grano cosechado; 2.5 kg de N, 1.0 kg de fósforo y 2.0 kg de potasio.(14)

Existen necesidades de nitrógeno en diferentes períodos

de crecimiento del maíz, al principio el nitrógeno sirve para desarrollar hasta el máximo el aparato vegetativo y a continuación para la formación de sustancias de reservas, una gran parte de las necesidades de nitrógeno del maíz es 15 días antes y 15 días después de la aparición de la inflorescencia. (12)

El mejor aprovechamiento del nitrógeno se ha logrado al aplicar 1/3 de su dosis total en el fondo del surco y el resto al aplicar la escarda, la época más propicia para este último es cuando el maíz ha formado su tercer o cuarta hoja; en ciertas circunstancias puede aplicarse nitrógeno adicional al iniciar la floración. (14)

El maíz requiere fertilizante en la siembra, tres semanas antes del espigamiento que es cuando más se utiliza el nitrógeno. (1)

Respecto a la asimilación del nitrógeno por el maíz es en forma de nitrato y amoniacal pareciendo tener preferencia por la primera de ellas, el que la planta de maíz absorba el nitrógeno amoniacal o nítrico depende de los factores del medio ambiente especialmente de la acidez que presenta el suelo, según Mavius la planta del maíz prospera muy bien en una solución de sulfato de amonio cuando el pH de suelo se encuentra entre 3.5 y 7 siendo sin embargo perjudicada por la sal amonio cuando el pH es más elevado que los anteriores. (13)

El ión amonio es asimilable por las plantas superiores -

y por los microorganismos, además puede combinarse con la arcilla ó con el humus quedando en forma de ión intercambiable, si forma parte de la arcilla o del humus es relativamente -- resistente a la lixiviación o percolación del agua.(19)

Una de las causas de porque el nitrógeno es importante es debido a que se encuentra en forma de proteína, se haya - presente en el protoplasma de cada célula, se encuentra en - compuestos importantes como la clorófila, nucleotidos fosfa- tidos, alcaloides, enzimas, hormonas y vitaminas.

El nitrógeno en cantidades adecuadas proporciona lo si- guiente;

- plantas con color verde oscuro y más suculentas.
- que las células sean más grandes con paredes celulares más delgadas.
- aumenta la proporción de agua y reduce el porcentaje de cal- cio en los tejidos de la planta.
- fomenta el desarrollo vegetativo e impulsa la formación de follaje de buena calidad facilitando la producción de carbo- hidratos y ayudando a la suculencia.
- tiene mayor capacidad para absorber los demás nutrientes.
- incrementa la capacidad de intercambio cationico
- produce un desarrollo rápido de las plantas.
- las plantas crecen vigorosamente.
- Cuando existe una deficiencia de nitrógeno asimilable produ- ce plantas con;



- un color verde amarillento enfermiso
- crecimiento lento y reducido.
- mala apariencia, producción y calidad.(18)

Una cantidad excesiva de nitrógeno asimilable produce;

- madurez tardía.

- mal desarrollo de la semilla.

- plantas susceptibles a plagas y enfermedades. (20)

Goun ha demostrado que la alimentación directa de la planta a partir del ión amonio siempre se acompaña de una mayor proporción de nitrógeno total y soluble en el material colectado, prácticamente si se tiene en un suelo nitrógeno nítrico en exceso limita el desarrollo de las raíces jóvenes se recomienda no pasar de 15 a 20 kg de nitrógeno en la siembra del maíz.(17)

La deficiencia fundamental del nitrógeno en los cultivos causa que se reduzca el rendimiento de los mismos de tal manera que se tiene que utilizar diferentes fertilizantes nitrogenados, a continuación se describen algunos de ellos.

Nitrato de amonio:

- el contenido total de nitrógeno esta constituido por 1/2 nitrato y 1/2 amonio

- costo bajo

Alta higroscopicidad

- descomposición térmica

- sensibilidad para detonar

### Sulfato de amonio:

- es abono amoniacal sintético
- el ión amonio puede ser aprovechado por las plantas
- es difícil lixiviar
- manejo y aplicación fácil
- además se utiliza como fuente de nitrógeno es buen proveedor de azufre nutrimento esencial para el desarrollo de las ---- plantas.

### Urea

- elevado contenido de nitrógeno (46%)
- estabilidad nitrogenada contra la pérdida por arrastre debido al agua por su rápida hidrólisis en forma amoniacal.
- inflamable
- alta higroscopidad
- carencia de otros nutrientes.(7)

### Factores que afectan las aplicaciones de fertilizantes.

La aplicación de fertilizantes químicos al suelo permite poner al alcance de las plantas muchos de los nutrientes que estos requieren para su desarrollo, estas aplicaciones de fertilizante se ven afectada en su aprovechabilidad por un gran número de factores tales como; pH, textura, contenido de Materia Orgánica y contenido de humedad en el suelo. (2)

Las propiedades del suelo y los efectos de la fertilización guardan estrecha relación, así se tiene que el efecto de la fertilización depende por un lado de estado de fertilidad del suelo por otra parte la fertilización correcta dosificada contribuye esencialmente al aumento de la fertilidad del mismo de ahí que la finalidad de cada tratamiento fertilizante no sea solamente alcanzar un aumento temporal de los rendimientos sino mantener y mejorar simultáneamente la fertilización del suelo.(14)

El abastecimiento de los nutrientes y agua son 2 factores de crecimientos con vínculos muy estrechos. Desde el punto de vista planta, una fertilización sólida puede ser únicamente efectuada cuando las nutrientes son disueltas en agua puestos que los vegetales los asimilan solamente en fase líquida además existe una relación cuantitativa entre agua y fertilización. Cada suelo así como cada planta que disponen de una precipitación pluvial natural limitada puede aprovechar solamente una cantidad de fertilizante equivalente a la cantidad de lluvia recibida y toda cantidad de fertilizante que exceda de los límites correspondientes dejó de tener valor ya que la insuficiencia de agua impide la correcta absorción y traslocación de las nutrientes por los vegetales así como su utilización en el metabolismo de los mismos.

Además de ello los riegos aumentan también las pérdidas por percolación de estos nutrientes el relativo exceso de --

sodio en el agua de riego dificulta la correcta utilización de los restantes nutrientes por la planta.(14)

El hecho de que un suelo no responda a una aplicación de fertilizante no significa necesariamente que el mismo posea un elevado contenido de nutrientes; en un sinúmero de suelos altamente bajos en nutrientes es posible llegar a obtener una satisfactoria respuesta a la fertilización solo cuando las reservas nutritivas de los mismos han sido restauradas mediante un abundante suministro de fertilizante, por ejemplo en suelos con fuerte empobrecimiento de potasio es necesario realizar primeramente y hasta cierto punto una saturación con potasio de las micelas coloidales antes de que este elemento este a disposición de las plantas en cantidades adecuadas, esto mismo se puede aplicar para ácido fosfórico. (20)

Laird en un estudio efectuado en la parte central de México en 1954 concluye que cuando las condiciones de humedad son mas bien deficientes hay una declinación en el aprovechamiento del nitrógeno por la planta trayendo por consecuencia una disminución en el rendimiento. (15)

La eficiencia de los fertilizantes nitrogenados al ser aplicados en diversas dosis, cultivos y condiciones ambientales, los resultados variarán dependiendo de las condiciones de cada estudio. Por ejemplo el nitrógeno en forma amónica se fija en las posiciones de intercambio catiónico de las --



arcillas o de la materia orgánica reduciendo las pérdidas por lavado. (7)

Muchas de las veces las aplicaciones de compuestos nitrogenados pueden perderse en diferentes formas. Una forma en que se pierde el nitrógeno es por lixiviación. Siever y Holts, demostraron que en los suelos pesados perdiendo gran parte de los nitratos producidos durante un semibarbecho de verano fueron arrastrados por las lluvias invernales hasta una profundidad que oscilaba entre 60 y 150 cm, aunque algunas fueron retenidas en los 180 cm y sin duda alguna, parte fueron arrastrados por el agua de lluvia, también demostraron que la cosecha de trigo subsiguiente podría utilizar gran parte de estos nitratos retenidos en el subsuelo. (17)

La pérdida de nitrógeno por lixiviación presenta serios problemas económicos, particularmente en el suelo de las zonas que no se hielan en invierno. Los nitrato se lixivian fácilmente desde el suelo superior hasta una profundidad notable incluso hasta la capa fréatica. Los factores que influyen en la pérdida por lixiviación son: La velocidad de nitrificación, cantidad de lluvia, permeabilidad del suelo, capacidad de retención y el cultivo que se está desarrollando.

El aprovechamiento y el efecto muchos nutrientes vegetales particularmente nitrógeno, fósforo y elementos menores, dependen ampliamente del pH prevalecente en el suelo.

La solubilidad del nitrógeno inorgánico es elevado en todo el intervalo del pH que pueda presentar el suelo. Sin embargo la mineralización del nitrógeno orgánico presenta un máximo de intervalo de 6-8.

La solubilidad del fósforo disminuye a un pH inferior a 6.5, si el pH es superior de 7.5 disminuye a si mismo la solubilidad de este elemento, el problema planteado es que el hierro y el aluminio solo se encuentran en solución cuando el valor del pH es muy bajo y ha este valor la solubilidad del fósforo se ha reducido tanto que puede ser precipitado por cualquiera de estos elementos. A pH 6.5 la cantidad de hierro y aluminio en solución no es suficiente para precipitar el fósforo, entre 6.5 y 7.5. La solubilidad del fósforo es máxima, por encima de 7.5, el calcio puede provocar su precipitación y de 7.5 a 8.5 la solubilidad del fósforo es baja.(19)

Estudios en Arizona por Breazcali y Mc George indicaron que una solución en contacto con las raíces con un pH mayor de 7-6 puede impedir la abosrción de nitratos por las plantas, aunque el pH no sea elevado para ser tóxico directamente a la planta.(20)

Las pérdidas de N pueden ser por volatilización por ejemplo: Las pérdidas del  $\text{NH}_3$  serán mayores si el suelo es alcalino. Los suelos ácidos absorben fácilmente el  $\text{NH}_3$  formando sales de amonio, pero la forma  $\text{NH}_4\text{OH}$  es inestable y se descompone en  $\text{NH}_3$  y  $\text{H}_2\text{O}$ , si la aereación es deficiente como ocurre --

en el caso de que el volumen de poros esté lleno de agua, las bacterias anaerobias llegan a reducir los nitratos, formando óxidos nitrosos e incluso nitrógeno que pasa a la atmósfera, a partir de datos experimentales de que se dispone resulta -- que la pérdida de nitrógeno en un terreno de este tipo puede llegar a los 110 Kg/ha por temporada.

En suelos calcareos o alcalinos si son secos el nitrógeno se volatiliza en forma de amoníaco.

El ión nitrato tiene gran movilidad en el suelo por lo -- tanto se pierde por lavado y en condiciones de anaerobiosis -- los nitratos pueden reducirse a óxido de nitrógeno perdiéndose en forma de gas. El pH del suelo puede ser afectado por el fertilizante dificultando la absorción de los micronutrientes esenciales. (7)

#### Fertilización del maíz

En diferentes partes de la república mexicana se han experimentado con fertilizantes químicos aplicados al suelo, a continuación se mencionan algunos de los resultados obtenidos.

Corral en un trabajo realizado en maíz en los ciclos temprano y tardío en General Escobedo, N.L., probó 4 niveles de nitrógeno (0, 50, 100 y 150 kg de N/ha), 3 de fósforo (0, 40 y 80 kg/ha) y 2 de potasio (0 y 40 kg/ha) obteniéndose los -- siguientes resultados. En ninguno de los tratamientos de los dos ciclos se obtuvo respuesta significativa, aunque algunos

de los tratamientos aumentaron levemente el rendimiento con la dosis de 40 kg/ha de fósforo en el ciclo temprano, atribuyendo la no respuesta de la fertilización a que la variedad utilizada no se adaptó bien a uno de los dos ciclos principalmente al tardío, otra de las razones en que el aprovechamiento del nitrógeno se puede ver afectado por la pérdida de este elemento, las cuales son causadas por la lixiviación y la volatilización de la misma. (8)

Se realizó un estudio sobre fertilización nitrogenada y fosforada de maíz y sorgo para grano de la región noreste -- del estado de Tamaulipas los niveles de nitrógeno fueron 0, 60, 120 y 180 kg/ha y los de fósforo 0, 60 y 120 kg/ha del total de los 9 lotes estudiados localizados fuera de la zona de deficiencia de fósforo únicamente en una ubicada cerca de dicha zona se observó una diferencia en rendimiento de grano altamente significativa por la aplicación combinada de nitrógeno y fósforo. (21)

Se realizó un estudio en Chapingo, México sobre diferentes dosis 0, 80, 160, 240 y 320 kg/ha de N y su fraccionamiento en 4 partes en la aplicación sobre el desarrollo y -- rendimiento del maíz y los resultados obtenidos son; las diferentes dosis y su fraccionamiento del nitrógeno tuvieron -- influencia sobre la eficiencia de absorción del nitrógeno -- por las plantas y el rendimiento del maíz. La eficiencia -- del nitrógeno aplicado en la absorción de este elemento por la planta disminuye a medida que la dosis aumenta, los rendi



mientos estuvieron influenciados o relacionados con la dosis y su fraccionamiento del nitrógeno con el nitrógeno absorbido hasta floración.

El rendimiento en mazorca en ton/ha se incrementó hasta cierto límite con el aumento de nitrógeno aplicado, el efecto de las fracciones de las dosis del nitrógeno aplicado en la siembra sobre el rendimiento del maíz fue de carácter cuadrático, da ha entender que con dosis altas (320 kg de N/ha) es indiferente aplicar cualquier fracción de la dosis de -- nitrógeno en la siembra; en cambio con dosis bajas (80 kg de N/ha) es preferible aplicar 3/4 partes de la dosis a la siembra. (6)

Almaguer en 1973 realizó un trabajo en la zona del municipio de Apodaca, N. L., en el cual se probaron 4 niveles de nitrógeno (0, 50, 100, 150 kg/ha N), 4 de fósforo (0, 50, -- 100 y 150 Kg/Ha.  $P_2O_5$ ). Los resultados obtenidos no fueron estadísticamente significativamente pero se tuvieron incre-- mentos en el rendimiento de maíz en mazorca y en el porcentaje de proteína en el grano. (2)

En la zona de Cadereyta Jiménez, Nuevo León se hizo un estudio en el cual se probaron cinco niveles de nitrógeno 0, 40, 80, 120 y 160 kg/ha y tres de fósforo 0, 80 y 120 kg/ha de  $P_2O_5$ , obteniéndose los siguientes resultados, se encontró diferencia significativa estadística aumentando las cantidades de nitrógeno y manteniendo las dosis de fósforo en 40 --

kg/ha, se observó aumentos en el rendimiento altamente significativos hasta el nivel de 80 kg/ha de N. Al aumentar las aplicaciones de fósforo y mantener las cantidades de nitrógeno no aplicado en 80 kg/ha, los aumentos fueron significativos, solo al aplicar 120 kg/ha de fósforo. (11)

Sada en un trabajo en el que estudió 3 niveles de nitrógeno 80, 160 y 240 kg/ha y tres densidades de población (50, 100 y 150 mil plantas por hectárea) en maíz encontró que las densidades de población no ocasionaron diferencias significativas en el rendimiento y que a mayor densidad se redujo el ahijamiento, y la cantidad de elote, la fertilización afectó significativamente el rendimiento y el mejor nivel fue el de 160 kg de N/ha con una producción de 14,339 kg/ha de materia seca el nivel superior no produjo nuevos incrementos y en -- algunos casos hizo decrecer los rendimientos.(4)

Influencia de la fertilización sobre la cantidad y contenido de proteína en maíz.

El criterio de calidad del grano de maíz es según su -- uso; en caso de la alimentación humana podría resumirse en -- la cantidad y calidad de la proteína del grano de maíz ya -- que este grano es un constituyente esencial de la dieta de -- algunos países, la calidad de la proteína se mide por el porcentaje que posee de aminoácidos esenciales o dicho de otra manera de los aminoácidos que no pueden ser elaborados por --

los animales monogástricos. (10)

La calidad del maíz depende del destino que se le da al cultivar. Si se vende grano en el mercado, para semilla, si se emplea como grano para engorda. Un alto grado de proteína tendrá un valor adicional para el ganado de carne lechero, pero no si se destina a cerdos y aves.

Un incremento en las proteínas obtenidas mediante la -- adición del nitrógeno, resulta beneficioso cuando el grano - se emplea en el establecimiento para alimentación para rumi- antes (bovinos, ovinos), pero su valor disminuye para los no rumiantes (cerdos y aves) y es nulo cuando se emplea para -- comercializarlo. Las dosis nitrogenadas más rentable para - grano que se utilizan en la alimentación de cerdos y aves -- debe determinarse de acuerdo con las necesidades del suelo - para la determinación de rendimientos elevados. (1)

El contenido de un híbrido aumenta con el número de lí- neas ricas en proteínas y la riqueza final del híbrido, es - el promedio de la riqueza de las líneas que les ha dado ori- gen. Para lograr un alto contenido de proteínas en los hí-- bridos es necesario cultivarlos en suelos con abastecimiento abundante de nitrógeno.

La proteína del maíz se componen de 2 fracciones a) pro- teína localizada en el germen y representa el 20% del conte- nido de proteína del maíz, b) proteína que se encuentra en -

el endospermo llamada zeína, que contiene cantidades deficientes inadecuadas de 2 aminoácidos esenciales (Lisina y Triptofano), cuando el contenido de proteína del maíz aumenta a causa de la aplicación de métodos genéticos o por la aplicación de fertilizantes nitrogenados, la fracción de zeína aumenta más rápidamente que la proteína del germen, por consiguiente, el valor nutritivo del maíz rico en proteína para los animales no rumiantes no aumenta proporcionalmente, al aumento del tanto por ciento de proteína del híbrido. (16)

En cuanto a la cantidad, el maíz corriente contiene entre 8 y 10% de proteína, éstas proteínas están contenidas en un 75-85% en el endospermo y el resto en el germen, las proteínas que normalmente encontramos en el maíz son albuminas, globulinas, zeínas y glutelinas, mientras que las albuminas y globulinas contienen una buena proporción de aminoácidos esenciales la gluteína y la zeína tiene una proporción muy baja de dichos aminoácidos, la proteína de buena calidad constituye del 4/6% del total de proteínas del endospermo y del 30/40% de las proteínas del germen, últimos trabajos de los genetistas han conducido a la identificación de los genes llamados opaco 2 y harinoso - 2 que además de producir maíz con un 17% de proteína, eleva el porcentaje de proteína de buena calidad en el endospermo. (10)

Numerosos estudios se ocupan de la influencia que ejerce la fertilización nitrogenada sobre contenido proteínico -

de las plantas de maíz y muy en especial sobre el grano.

Zuber Smit y Gerke encontraron en un ensayo en 1951 y - 1952 que una fertilización de 135 kg/ha de nitrógeno en el - primer año elevó el contenido protéico en bruto de grano - de 7.25% a 8.83%, en tanto que el año siguiente el aumento - fue de 7.12 a 10.27%, de igual manera se influyó considera-- blemente el contenido protéico de la masa verde mediante la fertilización, ya que con aplicaciones de 180 kg/ha de nitró-- geno se puede confirmar el contenido protéico en bruto de -- 4.68% mientras que las plantas no fertilizadas tenían sola-- mente 2.07%.

Existe una cierta relación entre los aminoácidos del -- grano de maíz y su contenido de proteína en bruto, el conte-- nido de esta última depende de la fertilización pudiendo os-- cilar entre 6.8 y 12% los resultados de estos ensayos, mues-- tran que la calidad de los granos del maíz se encuentran con-- siderablemente influidos por la fertilización nitrogenada, - pudiendo por otro lado, producir también su exceso una dismi-- nución de la calidad. (13)

Según estudios, el contenido protéico del grano del --- maíz puede elevarse mediante la aplicación de fertilizante - nitrogenado, cuanto más bajo sea el punto de partida mayores serán las posibilidades de cambio.

Ensayos realizados en varios estados, indican que si el



rendimiento final alcanza con fertilizante nitrogenado de 6.3 a 7.9 Ton./Ha, los primeros 112 kg de nitrógeno probablemente aumentarán la proteína en un 1%, los 112 kg siguientes incrementaron 0.5%, en los experimentos se llegó, sin nitrógeno a un promedio de 8.5% de proteína, pero aumentó hasta un 10% -- con la aplicación de 168 a 224 kg de nitrógeno. (1)

La literatura señala la influencia que el nitrógeno tiene, sobre la cantidad de proteína en el grano del maíz, el -- máximo de variación registrada en el porcentaje de proteína -- debido al abonado nitrogenado, parecen ser de 8.1 al 10.6% -- naturalmente que los niveles requeridos de nitrógeno para --- conseguir estos aumentos en la tasa de proteína, necesitaron las correspondientes aplicaciones balanceados de fósforo y -- potasio.

Davidese ha obtenido resultados ligeramente superiores -- con los tratamientos de NK y NPK que con el abonado de NP.

Porcentaje de proteína en el grano de maíz

Parcela testigo. . . . .	.9.00 %
Parcela N(65), P(65). . . . .	.10.03 %
Parcela N(65), P(65), K(45) . . . . .	.10.95 %
Parcela N(65), K(40). . . . .	.11.04 %

Los elementos nutritivos están dados en kg/ha de nitrógeno, fósforo y potasio, sin embargo el aumento en el porcentaje de proteína se obtiene solamente en la fracción denominada

zeina, que como sabemos tiene una calidad muy baja o sea los resultados de la fertilización en cuanto a aumentar el porcentaje de aminoácidos esenciales se refiere no han sido muy alentadores. Sukla y Nassay, señalan que en un suelo franco arenoso la aplicación fraccionada en 3 partes iguales de sulfato de amonio en el momento de la siembra, cuando la planta alcanza la altura de la rodilla y en el momento de la aparición de la panícula aumentó incluso el contenido de proteína. (10)

Durante la guerra los alemanes experimentaron también la conversión de fertilizantes nitrogenados en proteína, mediante aplicaciones a cultivos de cereales o patatas en el momento de la floración, encontrándose que los nitratos eran más eficaces que las sales amoniacales y que abonados de 45 kg de nitrato sódico, daban sustanciales incrementos en la proporción de proteína de la cosecha. (17)

Fósforo.

Con lo que respecta a las necesidades de fósforo en las plantas, son de 1/5 a 1/10 de las del nitrógeno, el fósforo contenido en una cosecha de 10000Kg de maíz incluyendo el grano y forraje es solamente de 26 kg en comparación con el nitrógeno de 195 kg. (5)

La absorción del fósforo, es mucho más lenta que la del nitrógeno y corre paralela a la acumulación de materia seca

durante la mayor parte del desarrollo vegetativo de la planta, dentro de la casi linealidad de la curva de absorción solo hay que destacar un cambio en la pendiente de la curva, poco después de la aparición de los estilos femeninos, esta inflexión señala el descenso que se produce en la extracción media diaria de potasio, cuando la planta pasa el período crítico de desarrollo ubicado en los alrededores de la aparición de la inflorescencia masculina y de las barbas. (10)

El fósforo se encuentra en toda célula viva y es esencial en la nutrición tanto vegetal como animal, ocupa una posición clave en el metabolismo de los carbohidratos, el fósforo desempeña un papel importante en las transformaciones de energía y participa en el metabolismo de las grasas y las proteínas, es un constituyente esencial de muchos compuestos vitales como los nucleótidos, las lecitinas y la mayor parte de las enzimas.

Los efectos sobre el desarrollo de la planta son los siguientes: El efecto más evidente del fósforo se efectúa sobre el sistema de raíces de la planta, fomenta la formación, de raíces laterales y fibrosas, lo que aumenta la superficie de absorción de nutrientes, las plantas ambrientas de fósforo tienen un sistema de raíces enano y mal desarrollado que reduce su zona de alimentación. El fósforo aumenta el número de renuevos en los cereales y por lo tanto crece el número de --

vástagos que por último generan espigas o mazorcas y grano. Apresura la maduración de las plantas en presencia de fósforo disponible y suficiente, la formación de semillas comienza -- antes y los cultivos maduran varios días más pronto que cuando el fósforo es deficiente, es esencial para la formación de semillas.

Los cultivos de forraje desarrollados en suelos deficientes de fósforo contienen unidades reducidas de este elemento, y por consiguiente son de valor inferior cuando se administra al ganado.

El fósforo da fortaleza a la paja y ayuda a evitar el -- acame, aumenta la proporción de grano con la paja en los ce-- reales y aumenta así el rendimiento de grano, hace mayor la - resistencia a las enfermedades de las plantas, a causa, es de suponer, del desarrollo normal de la célula y al crecimiento vigoroso resultante, los cultivos leguminosos desarrollados - en condiciones de deficiencia de fosfato pueden padecer tam-- bién de deficiencia de nitrógeno, ya que las bacterias del -- nódulo sólo actúan de manera normal cuando las plantas están abastecidas del fósforo adecuado. (18)

Las deficiencias de fósforo en las plantas se manifiesta de la siguiente manera; se reduce el desarrollo de - - - - - las raíces, especialmente en los cultivos como los vegetales y los nabos, puede aparecer un color de un tono verde oscuro anormal en las hojas que después se hace bronceado, las plan-

tas permanecen pequeñas y espigadas y a menudo son leñosas, - la madurez se retarda a menudo y las semillas formadas pueden estar fruncidas, son de poco peso y de poca vitalidad, la división de las células es lenta y los carbohidratos se acumulan en las hojas y en los tallos. (21)

Los suelos de riego que pueden tener deficiencia de fósforo aprovechable incluyen los que son de textura fina (miga-jón arcilloso) deficientes en materia orgánica de color claro ricos en sal y mal aereados, estas características están - sin embargo, relacionadas a la deficiencia de fosfatos.

Las formas principales en las que se presenta el fosfato en el suelo incluyen las siguientes:

Compuestos simples y complejos con el calcio y el magnesio.

Combinaciones orgánicas como la fitina.

Compuestos con el hierro y el aluminio.

Iones adsorbidos sobre las partículas de arcilla.

De los trabajos de Mc George y Breazeale (1931) y otros, la ocurrencia general de las formas anteriores de fosfatos -- puede ser como sigue: en los suelos ácidos con un pH inferior a 5 predominan los compuestos de hierro y aluminio, al aproximarse la reacción de los suelos a la neutralidad, los iones - de calcio se hacen más abundantes en la solución del suelo y se presentan fosfatos de calcio relacionados con  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ; dentro de la variación ligeramente ácida, algunos fosfatos --

pueden estar adsorbidos sobre la superficie de las partículas de arcilla como un anión; al aumentar el pH arriba de la neutralidad y especialmente en los suelos calcareos, se forman compuestos complejos de fosfato tricalcico, con hidróxido de calcio o con carbonato de calcio.

Ensminger y Larson (1944), al estudiar la respuesta de los cultivos a la fertilización con fosfato, en Idaho encontraron que en los suelos que contenían de 0.5 a 1.0% de cal, dieron una respuesta menor; los suelos que contenían de 1.0 a 2.0 de cal, dieron una respuesta media; los suelos que contenían 2% de cal o más dieron una respuesta buena y no aumentó la respuesta cuando aumentó la cal arriba del 2% lo, que sugiere que el 2% de cal puede ser tan efectiva como los porcentajes mayores para reducir los fosfatos solubles en el suelo. (20)

#### Uso del análisis foliar

Investigaciones realizadas en los E.E.U.U. de Norteamérica muestran la importancia del análisis foliar en la determinación de la demanda de fertilizantes. (14)

El análisis tanto total como parcial de la planta, representa otra posibilidad para la determinación de las necesidades de fertilizantes del suelo.

Numerosos trabajos han comprobado la existencia de una correlación, entre el contenido de elementos nutritivos que



presenta la planta de maíz y el rendimiento que se obtiene, creyendo algunos investigadores llegar a determinar de antemano el estado de los elementos nutritivos en la planta, así como la cosecha que ha de esperarse, sin embargo ello requiere la existencia de valores límites para cada uno de los elementos nutritivos, en vista de que el contenido de nutrientes de la planta se modifica con el transcurso del desarrollo de ella, es necesario escoger un determinado estado de crecimiento de la planta fácilmente reconocible, con el fin de tomar las muestras que han de servir como material del análisis. Según Tyener la época más propicia para la toma de muestras que han de ser empleadas en el análisis foliar, es aquel momento en que brotan los estambres de la planta -- del maíz este autor a escogido dicha fase de crecimiento --- puesto que fácilmente se puede apreciar y que para este momento la asimilación de los nutrientes alcanza su mayor grado, habiendo llegado el período de crecimiento vegetativo -- prácticamente a su fin, además de ello, el lapso de tiempo -- que transcurre entre la floración y la maduración aproximadamente es el mismo en todas las variedades. (13)

La concentración de nutrientes no es constante durante la vida de la planta, ni siquiera a lo largo de la planta -- misma. El conocimiento del estado nutricional de la planta, requiere determinar, a pesar de ello, la parte de la planta y el momento de la vida de esta en que existe mayor correla-

ción entre nivel de nutrientes de la parte elegida por el análisis y rendimientos de este modo es posible conocer si existe deficiencia de algún nutriente, casi todos los investigadores coinciden en hacer el análisis en el momento de la floración sobre una de las hojas aunque difieren sobre que hoja que ha de analizarse. En diagnóstico foliar se usa el término de nivel crítico. Este concepto tiene diversas definiciones, pero se usará como el umbral mínimo de contenido de nutrientes, que permite conseguir el 95% del rendimiento máximo.

Melsted y otros (1969), señalan que para la hoja opuesta a la mazorca y en el momento en que aparece la inflorescencia masculina el nivel de nitrógeno debe ser de 3%. (10)

Tyner establece determinados valores límites basándose en los resultados de sus investigaciones en las cuales escogió para el análisis foliar la 6a. hoja de la planta, de igual forma trata el de calcular la cuantía de la cosecha basándose en los resultados rendidos por el análisis foliar.

Los valores límites dados por este autor son: 2.9% de N, 0.295% de fósforo y 1.3% de potasio, un ascenso independiente de 0.1% de los contenidos foliares de nitrógeno, ácido fosfórico y potasa traen como consecuencia según Tyner, elevaciones en el rendimiento de 280 Kg/Ha, 158 kg/Ha y 128 kg/Ha. respectivamente las cifras dadas por Tyner valen solamente bajo determinadas condiciones locales. (13)

Thomas, da las siguientes cifras como contenido óptimo de nutrientes en maíz dulce para nitrógeno 3.45, para fósforo 0.20, para potasio 3.05 para calcio 1.89 y para magnesio 0.66%; para el análisis foliar se tomó la cuarta hoja a partir de la base, a la edad de la cuarta semana. (14)

Benton citado por Alvarez interpreta las concentraciones de los elementos bajo 5 categorías; deficiente bajo, -- suficiente, alto, y exceso, se considerará como contenido suficiente en las plantas de maíz 2.73% de nitrógeno 0.29% de fósforo y 1.95 de potasio.

En un estudio llevado a cabo por Pelletier, sobre el cultivo del maíz, se establecieron las concentraciones críticas del nitrógeno dentro de la planta durante las primeras etapas de crecimiento siendo estos;

Para maíz de 30 cm de altura . . . . .	4.10%
Para maíz de 100 cm de altura. . . . .	3.00%
En el espigamiento. . . . .	2.70%
En el jiloteo. . . . .	2.20%

de esta manera conociendo las concentraciones críticas por medio de análisis de los tejidos, el cual nos revela el estado nutricional de la planta y así estar en condiciones de proporcionarles cantidades adicionales del elemento en cuestión, en caso de que el análisis nos reporta concentraciones

por bajo del nivel crítico.

En un experimento realizado por Alvarez en donde se determinó el porcentaje de nitrógeno, en las hojas provenientes de lotes donde se hicieron las aplicaciones al suelo de 0, - 50, 100 y 150 kg de N/ha haciendo varios muestreos se encontró que en ninguna de las fechas muestreadas se logró aumento significativo en el contenido de nitrógeno de las hojas, en relación con los niveles de nitrógeno aplicado al suelo, siendo el contenido de nitrógeno mayor en todos los niveles durante las primeras fases de crecimiento de la planta, se consideró además que las cantidades de nitrógeno obtenidas para el estado de espigamiento fué óptimo de acuerdo con lo reportado por algunos autores pero además el nitrógeno aplicado al suelo no tuvo ninguna influencia sobre el rendimiento atribuyendo esto a una posible pérdida por volatilización o lixiviación. (3)

## MATERIALES Y METODOS

Localización del sitio experimental. El experimento fue realizado en terrenos del Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad de N.L., encontrándose éste localizado sobre la carretera Zuazua Marín, N.L., --- siendo sus coordenadas geográficas  $25^{\circ} 23'$  latitud norte y --  $100^{\circ} 03'$  longitud oeste y encontrándose a una altura de 397.3 metros sobre el nivel del mar. (18)

El clima de la región es seco o árido teniendo una precipitación pluvial promedio de 400 a 500 mm anuales y con una temperatura media anual de  $17.93^{\circ}\text{C}$ . Mediante el presente estudio, se pretendió determinar la respuesta a la aplicación de fertilizantes y su tiempo de aplicación en maíz de riego por lo que respecta a su rendimiento de grano.

El experimento se efectuó durante el ciclo temprano del año de 1981. Antes de iniciar el experimento se procedió a muestrear el suelo a una profundidad de 0-30 cm y el subsuelo de 30-60 cm, analizando estas muestras por separado en el Laboratorio de Suelos de la F.A.U.A.N.L.

Los resultados de este análisis se da en la tabla 1. La textura se determinó por el método del hidrometro de Boyoucus; el pH mediante un potenciómetro, la materia orgánica por el método Walkley y Black, el fósforo por el método Olsen y, el potasio por el método Peech y English, el nitrógeno total por

el método Kjeldhal y las sales solubles por medio del puente de Wheatstone.

Tabla N° 1.- Propiedades físico-químico de las muestras de suelo y subsuelo donde se desarrolló el experimento.

Determinación	0-30		30-60	
	análisis clasif. agron.		análisis clasif. agron.	
color seco	10YR-6/3 café pálido		10YR-6/4 café amarillo	
húmedo	10YR-4/3 café		10YR-4/4 café amarillo	
textura				
arena%	16%	arcilloso	16%	arcilloso
limo %	32%		32%	
arcilla %	52%		52%	
pH	8.4	moderadamente alcalino	8.4	moderadamente alcalino
Materia Orgánica	1.4	medianamente pobre	0.2	extremadamente pobre
Nitrógeno Total %	0.15	mediano	0.10	mediano pobre
Fósforo aprov. ppm.	4,1	bajo	2.7	bajo
Potasio aprov. Kg/Ha.	228	mediano	228	mediano
Sales Solubles Total mmhos/cm.	1.9	no salino	3.2	ligeramente salino

El suelo del terreno donde se efectuó el experimento -- tenía una textura arcilloso y el subsuelo era igual. El suelo y el subsuelo del lote tenían un pH medianamente alcalino, un contenido medianamente pobre de materia orgánica y un contenido medio de nitrógeno, en el lote el contenido de fósforo

fue bajo, de potasio fue mediano y sin problema de sales.

El diseño experimental utilizado fue bloques al ---  
 azar con arreglo de tratamientos de parcelas divididas -  
 en 4 repeticiones, el plano del lugar donde se llevó a -  
 cabo el experimento aparece en la figura 1; la parcela -  
 grande se utiliza para las dosis de nitrógeno, mientras  
 que en la parcela chica se utilizó para los tiempos de -  
 aplicación del nitrógeno, como se muestra en seguida. La  
 distancia entre surcos fue de 0.92 m, la distancia entre  
 plantas 0.15 m; las dimensiones de las parcelas grandes;  
 fueron 10 m x 11.04 m para un total de 110.4 m<sup>2</sup> (12 surcos)  
 las dimensiones de las parcelas chicas; fue de 10 m x --  
 3.68 m para un total de 36.8 m<sup>2</sup> (4 surcos) la parcela --  
 útil fueron los 2 surcos centrales de la parcela chica; la  
 distancia entre repeticiones fue de tres metros, en la -  
 Tabla N° 2 aparecen los tratamientos usados.

Tabla N° 2.- Lista de los tratamientos utilizados a base  
 de nitrógeno y fósforo en el experimento.

PARCELA GRANDE:

NIVELES	NITROGENO (N)	FOSFORO (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	POTASIO (K <sub>2</sub> O)
A	0	40	0
B	50	40	0
C	100	40	0
D	150	40	0

PARCELA CHICA

TIEMPO DE APLIC.	SIEMBRA	40 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA	65 DIAS DESPUES DE LA SIEMBRA
1	1/3 de N	2/3 de N	0
2	1/2 de N	1/2 de N	0
3	1/3 de N	1/3	1/3 de N



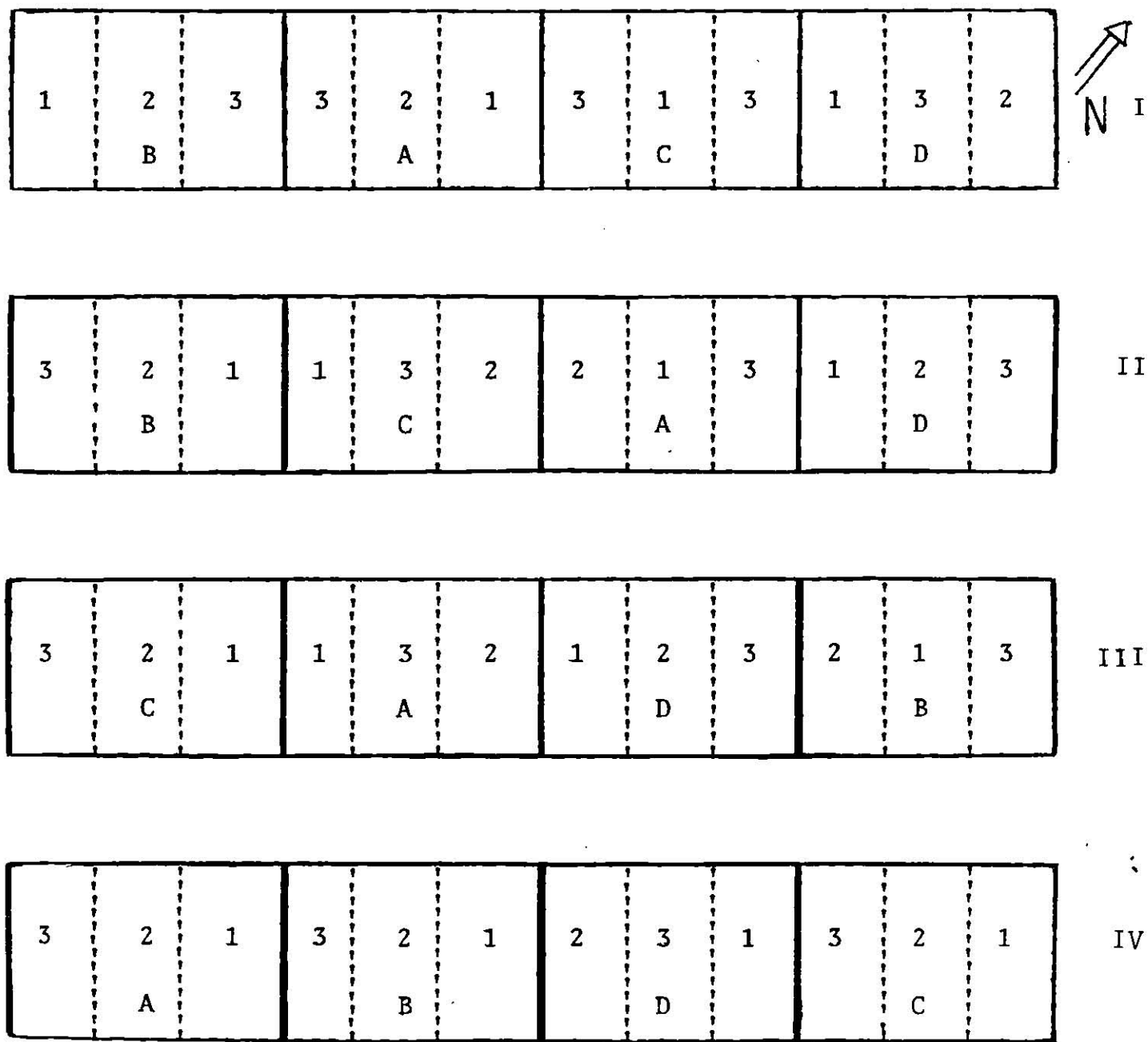


FIGURA N<sup>o</sup> 1.- Distribución esquemático de las parcelas en el estudio de Fertilización Nitrogenada y tiempos de aplicación en el cultivo del maíz (zea mays L.) en Marín, N.L.

En todos los tratamientos se mantuvo constante el nivel de fósforo con 40 kg/ha de  $P_2O_5$  y se utilizó como fuente al super fosfato simple de calcio con 20.5% de  $P_2O_5$ . Para la fertilización nitrogenada se utilizó nitrato de amonio al 33.5% de N en dosis de 0, 50, 100 y 150 kg/ha, las diferentes dosis se fraccionaron para su aplicación en diferentes tiempos, la primera fertilización se realizó el día 30 de marzo aplicando todo el fósforo y las porciones de N correspondiente a la siembra, esta fertilización se realizó en forma manual y en el fondo del surco. El día 8 de mayo se realizó la segunda fertilización (40 días después de la siembra), esta aplicación se realizó en forma manual y en el lomo del surco y el día 2 de junio se realizó la tercer aplicación, a la época de floración (65 días después de la siembra), esta aplicación se hizo igual a la anterior. Para efecto de poder llevar un registro de la precipitación pluvial en el experimento se instaló un pluviometro, las lluvias recibidas se reportan en la Tabla N° 3.

Tabla N° 3.- Precipitación (mm) registrada durante el periodo del experimento, ciclo primavera en Marín, N.L.

Días	Abril	Mayo	Junio
1		11.1	1.5
2	0.5		
3		50.0	
5			23.0
11		24.5	
14			12.0
15	40.0		10.0
16	50.0		
17	10.0		30.0
21	0.1		
22	9.6		
23	1.0		
24	4.1		
25	1.3	25.1	
29	2.0		
	118.6	110.7	76.5 total 305.8 mm

Para la preparación del terreno se realizaron las siguientes labores, un barbecho para el cual se utilizó un tractor con arado de disco, después se rastreó el terreno quedando el suelo bien desmenuzado, después se hicieron los surcos y se prepararon las aseQUIAS para el riego, el día 24 y 25 de marzo se hizo un riego de presiembrA para el cual se utilizó una lámina de 15 cm y se utilizaron sifones de una y media pulgada, la siembra se realizó los días 30 y 31 de marzo, el sistema que se utilizó para la siembra fue mateado y con la mano y en la línea en el fondo del surco y a una profundidad aproximada de 5 cm, se utilizó la variedad NL-U-127 habiendo dejado una planta de otra a 15 cm, dando una densidad de población 72,406 plantas/Ha.

El día 7 de abril se observó que había un 80% de emergencia y las plantas tenían una altura de 7 cm. El día 23 de abril se hizo un deshierbe, las malezas principales observadas fueron zacate Johnson y cadillo. También se observó que había diferencia en alturas en las plantas con relación a las dosis de nitrógeno.

El día 7 de mayo se observó deficiencia de fierro y se aplicó sulfato ferroso al 2% al follaje. El día 10 de mayo se observaron plantas desgarradas y caídas debido a una granizada. El día 19 de mayo se hizo un aporque con arado de tiro animal, los días 17 y 18 de mayo se hizo un aclareo dejando una planta por punto. El día 1º de junio se hizo una medición de la altura de las plantas y se muestreo la

hoja ubicada en el lado opuesto y abajo de la mazorca en 4 - plantas por parcela, con el propósito de un análisis foliar consistente en determinar el % de N. El día 28 de julio se hizo otra medición de la altura de las plantas, tomando 8 -- plantas por parcela.

El día 7 de abril se detectó que había plaga tales como pulga saltona, diabrótica, pulgón y trips, el día siguiente se aplicó paratión metílico (FOLIDOL), 20 cm cúbicos en 10 - litros de agua, además de 20 cm cúbicos de adherente. El -- día 13 de abril se hizo una segunda aplicación de paratión - metílico (FLOIDOL). El día 12 de mayo se realizó una aplicación de Dipterex granulado para el control de gusano cogollero. La cosecha de mazorcas por parcela se hizo el día 28 - de julio, además se pesó el rastrojo como materia seca de un surco de cada parcela. El día 14 de agosto se pesó el grano por tratamiento después de que se desgranó la mazorca. Debido a las abundantes lluvias recibidas no fue necesario aplicar más riegos.

## RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados del presente estudio. Los rendimientos de maíz en grano en kg por parcela útil se presentan en la tabla N° 12 del apéndice, estos rendimientos se analizaron estadísticamente. En la tabla 4 se presentan el análisis de varianzas respectivo.

Tabla N° 4.- Análisis de varianzá en la producción de grano - en maíz.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.		F. Teórica 5%	1%
Bloques	3	2253367	751122				
Dosis	3	58615	19538	-43	NS	3.89	6.99
Error(a)	9	40548	45054				
Tiempos de aplicación	2	13448.4	67240.5	-46	NS	3.40	5.61
Dosis x - tiempo	6	579603.4	96601.4	-66	NS	2.51	3.67
Error(b)	24	3517140.3	146547.5				
Total	47						

N.S. Diferencia no signicativa

C.V.(a)= 7.4%

C.V.(b)=12.9%

Estos resultados indican que no hay diferencia significativa entre tratamientos; a pesar de que los resultados obtenidos no fueron estadísticamente significativo, se tuvieron incrementos en rendimientos de maíz en grano en, la tabla N° --

5 aparecen los promedios de rendimientos de maíz en grano en Ton/Ha. para cada uno de los tratamientos.

Tabla Nº 5.- Rendimiento promedio de maíz en grano para cada tratamiento. Ton/Ha.

Dosis de N Kg/Ha.	Tiempo de aplicación del N			$\bar{X}$
	1/3-2/3	1/2-1/2	1/3-1/3-1/3	
0	2,76	3,24	3,058	3,018
50	3,065	2,899	2,799	2,92
100	2,909	2,987	2,985	2,96
150	3,019	2,863	2,863	2,98
$\bar{X}$	2,94	2,93	2,93	

Los rendimientos de maíz en grano obtenidos al variar los niveles de nitrógeno de cero hasta 150 Kg/Ha no mostraron incrementos en ninguno de los niveles probados. Respecto a los tiempos de aplicación tampoco se observó diferencia significativa, en la producción de grano en ninguno de los niveles de N aplicado al suelo.

En base a los rendimientos obtenidos de maíz en grano se pueden considerar buenos para la zona, se puede asumir que la poca respuesta a la aplicación de fertilizante químico en este suelo fué debido a la poca asimilación por la planta del nitrógeno aplicado al suelo, ya que este elemento lo más probable es que su mayor parte se haya perdido principalmente por volatilización ya que las altas temperaturas, y un pH al-

to que estuvieron presentes durante el desarrollo del experimento, hicieron posible la pérdida del nitrógeno en forma de gas al reaccionar el ión amonio con los carbonatos y bicarbonatos del suelo formando carbonato de amonio el cual es muy inestable descomponiéndose en amoniaco, bióxido de carbono y agua y el amoniaco se pierde en forma de gas, al igual que el ión nitrato al movilizarse a la superficie del suelo debido a las altas temperaturas que secan el suelo paulatinamente.

Por otra parte en las texturas muy arcillosas, la mayoría de los ión amonio se adhiere a las cargas negativas de las arcillas, y el humus quedando algunos atrapados entre las láminas de estos coloides, lo cual reduce la absorción del nitrógeno por la planta.

Otra posible causa por la cual no se aprovechó el nitrógeno es debido a la pérdida por lixiviación, ya que el ión nitrato es facilmente percolado, pues no se adhiere a los coloides del suelo, es probable que se hayan tenido pérdidas por lixiviación debido a la abundante precipitación pluviales recibida durante el ciclo del cultivo, aun tratándose de un suelo arcilloso.

En otros trabajos desarrollados con anterioridad se ha reportado una poca o nula respuesta a la fertilización nitrogenada, con este propósito se planteó el experimento, para ver si el tiempo de aplicación influía en la absorción por las plantas del nitrógeno aplicado al suelo.



El análisis foliar en la etapa de floración (espigamiento) tuvo como propósito de verificar si la planta absorbió el nitrógeno aplicado al suelo.

El porcentaje de nitrógeno contenido en las hojas de maíz se presenta en la Tabla N° 13 del apéndice, estos porcentajes se analizaron estadísticamente.

En la Tabla N° 6 se presentan los análisis de varianza respectivos.

Tabla N° 6.- Análisis de varianza del porcentaje de nitrógeno-presentes en las hojas.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	F.c.	F. Teórica	
					5%	1%
Bloques	3	0.145	0.048			
Dosis	3	1.5	0.501	7.3 Xx	3.86	6.99
Error(a)	9	0.619	0.069			
Tiempos	2	0.451	0.226	1.58 N.S.	3.40	5.61
Dosis X Tiempo	6	1.41	0.236	1.65 N.S.	2.54	3.67
Error(b)	24	3.4	0.143			
Total	47	7.5				

Xx= diferencia altamente significativa      C.V.(a)=11.61%

N.S.=diferencia no significativa      C.V.(b)= 6.38%

Los resultados indican que solamente existió diferencia altamente significativa para las dosis, en la Tabla N° 7 aparecen los promedios del porcentaje de nitrógeno en las hojas -

de maíz para las dosis de nitrógeno y tiempos de aplicación.

Tabla N° 7.- Porcentaje de nitrógeno en las hojas de maíz para dosis de nitrógeno y tiempos de aplicación.

Dosis de N Kg/Ha.	Tiempos de Aplicación del N			$\bar{X}$
	1/3-2/3	1/2-1/2	1/3-1/3-1/3	
0	2.16	2.18	2.28	2.29 a
50	1.95	1.69	2.39	2.01 c
100	2.33	2.40	2.70	2.43 a
150	2.42	2.13	2.00	2.18 b
$\bar{X}$	2.21	2.12	2.34	

Tukey 0.05

RME 0.29

Estos resultados indican que hubo efecto de las dosis de nitrógeno sobre el contenido de este en las hojas pero no en tiempos de aplicación, sin embargo las tendencias no parecen lógicas, aparentemente debido a los bajos contenidos encontrados en la dosis de 50 Kg de N, para los tiempos de aplicación 1/3-2/3 y 1/2-1/2.

El alto contenido del tratamiento de 0 Kg/Ha de N con relación a las otras dosis, puede considerarse como la base para concluir que el N aplicado no fué absorbido por las plantas de maíz.

Los contenidos de nitrógeno presentes durante la época de muestreo se pueden considerar como bajos si se toma como base los porcentajes reportados por Benton, quien considera una concentración de 2.73% de N en la etapa de floración --

como adecuada.

Con el propósito de ver si las dosis y tiempos de aplicación tuvieron efecto sobre la calidad del grano en términos de su contenido de proteína, se efectuó un análisis de este en el grano.

El porcentaje de proteína del grano se presenta en la Tabla N° 14 del apéndice, estos datos se analizaron estadísticamente. En la Tabla N° 8 no se presenta el análisis de varianza respectivos.

Tabla N° 8.- Análisis de varianza del porcentaje de proteína del grano en maíz.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.	F. Teórica		
					5%	1%	
Bloques	3	12.41	4.14				
Dosis	3	0.381	0.127	0.07	N.S.	3.86	6.99
Error(a)	9	15.44	1.68				
Tiempos	2	6.38	3.19	1.87	N.S.	3.40	5.61
Dosis X tiempos	6	3.86	0.64	0.38		2.54	3.67
Error(b)	24	40.84	1.70				
Total	47	79.10					

N.S. Diferencia no significativa

C.V.(a)=10.28%

C.V.(b)=10.34%

Estos resultados indican que no hay diferencia estadística significativa entre tratamientos probados.

En la Tabla N° 9 aparecen los promedios de los contenidos de proteína en el grano para cada tratamiento.

Tabla N° 9.- Porcentaje de proteína en el grano para las dosis y tiempos de aplicación del nitrógeno.

Dosis de N Kg/Ha.	Tiempos de Aplicación del N			$\bar{X}$
	1/3-2/3	1/2-1/2	1/3-1/3-1/3	
0	12.52	12.47	12.53	12.50
50	11.96	12.75	13.40	12.70
100	12.40	12.24	13.87	12.50
150	12.27	12.19	13.59	12.70
$\bar{X}$	12.29	12.41	13.1	

Estos resultados indican que no hubo respuesta en dosis y tiempos de aplicación de nitrógeno, lo cual podría interpretarse en términos de que el nitrógeno aplicado no fue utilizado por la planta y que variando los tiempos de aplicación no resolvió el problema de la utilización del nitrógeno por la planta, esta poca respuesta pudo estar influenciados por las pérdidas del nitrógeno antes mencionado.

La cantidad de proteína en los tratamientos se pueden considerar como adecuado, según Devis en 1965 obtuvo resultados ligeramente superiores con abonados de NK y NPK que con NP y el porcentaje en proteína del grano varió de 9 hasta 10.95%.

Para ver si había efecto de fertilización y tiempos de

aplicación sobre la producción de forraje como materia seca, se determinó el rendimiento del mismo.

El rendimiento de rastrojo como materia seca de maíz por parcela útil se presentan en la Tabla N° 15 del apéndice, estos rendimientos se analizaron estadísticamente y en la Tabla N° 10 se presenta el análisis de varianza respectivos.

Tabla N° 10.- Análisis de varianza del rendimiento de rastrojo como materia seca del maíz.

F.V.	G.L.	S.C.	C.M.	Fc.		F. Teórica	
						5%	1%
Bloques	3	0.497	0.166				
Dosis	3	0.389	0.130	0.485	N.S.	3.86	6.99
Error(a)	9	2.41	0.267				
Tiempos	2	0.356	0.178	1.11	N.S.	3.40	5.61
Dosis X tiempo	6	0.896	0.143	0.888	N.S.	2.54	3.67
Error(b)	24	3.86	0.161				
Total	47	8.36					

N.S.= Diferencia no significativa

C.V.(a)=21.9%  
C.V.(b)=19.76%

Estos resultados indican que no hay diferencia significativa entre tratamientos.

En la Tabla N° 11 aparecen los promedios de rendimientos de materia seca en toneladas por hectárea para cada uno de los tratamientos.

Tabla N<sup>o</sup> 11.- Rendimiento promedio de rastrojo de maíz como materia seca para las dosis y tiempos de aplicación.

Dosis de N Kg/Ha.	Tiempos de Aplicación del N			$\bar{X}$
	1/3-2/3	1/2-1/2	1/3-1/3-1/3	
0	2.92	2.62	2.61	2.71
50	2.81	2.47	2.19	2.49
100	3.20	5.66	2.73	3.86
150	2.54	2.62	2.85	2.61
	2.87	3.34	2.57	

Lo anterior indica que no hubo respuesta en dosis y tiempo de aplicación del nitrógeno aunque el nivel de 100 kg de N/ha mostró una leve tendencia a aumentar la producción de materia seca en promedio para la media de los tiempos de aplicación, en base a los rendimientos obtenidos se observa que fueron bajos. Por ejemplo, Sada (1973) realizó un trabajo en el que estudió 3 niveles de nitrógeno y encontró que el mejor nivel fue de 160 kg de N/ha con una producción de 14,339 kg/ha de materia seca de forraje, los bajos rendimientos pudieron estar influenciados porque se utilizó una variedad de ciclo corto y de porte bajo y produce menos materia seca que una variedad de ciclo largo y de porte alto.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los resultados de este estudio se puede concluir lo siguiente:

- 1.- Los rendimientos de maíz de grano de los diferentes dosis de nitrógeno y tiempos de aplicación no mostraron diferencia estadística significativa.
- 2.- Los porcentajes de nitrógeno total en las hojas a los 64 días después de la germinación mostraron diferencia significativa a los niveles de nitrógeno, no siendo así para los tiempos de aplicación

Sin embargo las tendencias no parecen lógicas, el alto contenido de N en las hojas del tratamiento de 0 Kg/Ha de N con relación a las otras dosis, puede considerarse como la base para concluir que el N aplicado no fue absorbido por las plantas de maíz.

- 3.- Los rendimientos de forraje no mostraron diferencia estadística significativa entre los diferentes tratamientos.
- 4.- Los porcentajes de proteína en el grano de maíz no mostraron diferencia estadística significativa en niveles de nitrógeno ni tiempos de aplicación.
- 5.- La nula respuesta del cultivo a las dosis de nitrógeno y tiempo de aplicación se considera que es el resultado de la no asimilación por la planta de N aplicado, debido pro



blemente a la pérdida de éste, principalmente por volatilización.

- 6.- Se recomienda la planeación de otros trabajos que permitan detectar que factor o factores son los que verdaderamente están limitando la respuesta a la fertilización nitrogenada en estos suelos.

## R E S U M E N

Tomando en cuenta que la mayoría de los suelos de la región son bajos en nitrógeno y medios en fósforo lo que originan bajos rendimientos de maíz por hectárea, se planeo este estudio, en un terreno ubicado en el Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León ubicado en el municipio de Marín, Nuevo León.

Este experimento consistió en la aplicación de varias dosis de fertilizante nitrogenado y sus tiempos de aplicación en el cultivo del maíz (zea maiz L).

El diseño experimental usado fue el de Bloques al Azar con arreglo en parcelas divididas con 4 repeticiones, se probaron 4 niveles de nitrógeno 0, 50, 100 y 150 Kg/Ha. y 40 Kg de fósforo y 3 tiempos de aplicación: 1/3-2/3, 1/2-1/2 y 1/3-1/3-1/3, en la siembra se aplicó una parte del nitrógeno y todo el fósforo, las otras aplicaciones del nitrógeno fueron en la escarda y al momento de la floración, la fuente de nitrógeno fue el nitrato de amonio y la de fósforo fue el Super fosfato simple. Los resultados obtenidos son:

Los rendimientos de maíz de grano de las diferentes dosis del nitrógeno y tiempos de aplicación no mostraron diferencia estadística significativa.

Los porcentajes de nitrógeno total en las hojas a los 64 días después de la germinación mostraron diferencia significativa

tiva a los niveles de nitrógeno, no siendo así para los tiempos de aplicación.

Sin embargo las tendencias no parecen lógicas, el contenido del tratamiento de 0 Kg/Ha de N con relación a las otras dosis, puede considerarse como la base para concluir que el nitrógeno aplicado no fue absorbido por las plantas de maíz.

Los rendimientos de forraje no mostraron diferencia estadística significativa entre los diferentes tratamientos.

Los porcentajes de proteína en el grano de maíz no mostraron diferencia estadística significativa en niveles de nitrógeno ni tiempos de aplicación.

La nula respuesta del cultivo a las dosis de nitrógeno y tiempos de aplicación se considera que es el resultado de la no asimilación por la planta del N aplicado debido probablemente a la pérdida de este, principalmente por volatilización.

## B I B L I O G R A F I A

- 1.- Aldrich, S.R. y Long, E.R. 1974. Producción Moderna del Maíz, Hemisfero Sur. Buenos Aires. pp. 261, 262.
- 2.- Almaguer Garza, J.L. 1974. Influencias de la Fertilización sobre el rendimiento y contenido de protefna - en maíz (zea mays L.) bajo riego en el Municipio de Apodaca, N.L, Tesis, Ing. Agr, Facultad de Agronomía, U.A.N.L.
- 3.- Alvarez Luna, M .E. 1970, Estudio Preliminar para el -- uso del análisis foliar en el cultivo del maíz (zea mays L.) Tesis. Ing. Agr, Facultad de Agronomía, -- U.A.N.L.
- 4.- Anónimo. 1977. Revista Bimestral de la Escuela Nacional de Agricultura. Nueva Epoca, Chapingo 7 y 8 pp. 84.
- 5.- Bear, F.E. 1958. Suelo y Fertilizantes. Omega Barcelona. pp. 266.
- 6.- Bejerano, E.W., R. Núñez. E. y A. Turrent. F. 1971. Memorias V Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo Tomo II. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. p. 18, 24.
- 7.- Castro Zavala, R. 1978. La eficiencia de la urea con -- respecto al Sulfato y Nitrato de Amonio en Maíz de Temporal. Tesis Colegio de Postgraduados, Chapingo México. pp. 12, 14, 15 y 19.
- 8.- Corral Garza. J. 1970. Fertilización del Maíz de riego para grano en el Municipio de Escobedo, N.L.

## Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomía, U.A.N.L.

- 9.- Díaz del Pino A. 1964. El maíz cultivo, fertilización y cosecha. B. Trucco. México. pp. 240, 241.
- 10.- Gamboa. A.C. 1980. Fertilización del maíz. Instituto Internacional de la Potasa. Boletín 11.
- 11.- Garza Garza. M.A. 1976. Fertilización Nitrogenada y Fosfórica en el cultivo de maíz (zea mays L.) de riego en la zona de Cadereyta, Jiménez, N.L.  
Ing. Agr. Facultad de Agronomía, U.A.N.L.
- 12.- Gros, Andre, 1981. Guía Práctica de la Fertilización - 3a, Ed. Mundi-Pronsa, España pp. 119.
- 13.- Gruneberg. F.H. 1959. Nutrición y Fertilización del Maíz. Alemania. Boletín Verde N° 9.
- 14.- Jacob, A. y Vexkull. H. V. 1974. Fertilización, Nutrición y Abonado de los Cultivos Tropicales y Subtropicales, Euroamericana, México pp. 80, 81, 125, 127, 128, 132.
- 15.- Laird. R. J. et al 1954. Fertilizantes y Práctica para la producción del Maíz en la parte Central de México. Oficina de Estudios Especiales. SAG. Folleto Técnico N° 12.
- 16.- Phoelman, L.M. 1971. Mejoramiento Genético de las Cosechas Limusa-Wellney. México pp. 173, 266, 296, 297.
- 17.- Russell, J.E. y E.W. 1954. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas.  
E. Aguilar Madrid. pp. 41, 77, 600.

- 18.- Sandoval Acosta. D. 1981. Respuesta del Trigo (*Triticum estivum*) a diferentes programas de riego en el Area de Influencia de Marfn, N.L. Tesis Ing. Agr. Facultad de Agronomia, U.A.N.L.
- 19.- Thompson, L.M. 1962. El suelo y su fertilidad. Reverte, S.A. Barcelona pp. 166, 191, 203, 204.
- 20.- Thorne, D.W. y Peterson. H.B. 1977. Técnica del riego, Fertilidad y Explotación de los Suelos, 2a. Ed. CECSA. México. p. 101 y 344-407.
- 21.- Vásquez, C.F. R. Maciel, R. y R. Moreno, D. 1971. Memorias V Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo - Tomo II. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. pp. 1, 2, 6.

A P E N D I C E

Tabla Nº 12.- Rendimiento en grano de maíz en kilogramos por parcela útil (14,72 mts<sup>2</sup>) y con 14% de humedad.

Dosis	Tiempos de Aplic.	R E P E T I C I O N E S				
		I	II	III	IV	$\bar{X}$
0	1/3-2/3	4.49	5.17	4.20	4.10	4.48
	1/2-1/2	5.70	4.95	4.95	4.31	4.49
	1/3-1/3-1/3	5.28	4.15	4.63	4.70	4.69
	$\bar{X}$	5.16	4.76	4.60	4.31	
50	1/3-2/3	4.59	4.45	4.47	4.42	4.48
	1/2-1/2	4.34	4.55	4.73	4.11	4.43
	1/3-1/3-1/3	4.38	4.85	4.12	3.88	4.31
	$\bar{X}$	4.44	4.61	4.44	4.14	
100	1/3-2/3	3.85	4.20	4.49	4.22	4.19
	1/2-1/2	3.73	5.65	4.80	5.25	4.86
	1/3-1/3-1/3	4.17	4.71	4.29	4.58	4.73
	$\bar{X}$	3.92	4.86	4.53	4.68	
150	1/3-2/3	3.88	3.38	4.67	4.35	4.10
	1/2-1/2	3.46	3.58	4.42	3.10	3.63
	1/3-1/3-1/3	3.80	3.22	4.60	3.83	3.86
	$\bar{X}$	3.72	3.39	4.56	3.75	



Tabla Nº 13.- Porcentaje de nitrógeno total, contenido en las hojas opuestas y abajo de la mazorca de la --- planta de maíz a los 64 días de la germina---- ción.

Dosis	Tiempo de Aplic.	R E P E T I C I O N E S				$\bar{X}$
		I	II	III	IV	
0	1/3-2/3	2.10	1.76	2.66	2.14	2.16
	1/2-1/2	2.26	1.91	1.91	3.05	2.28
	1/3-1/3-1/3	2.56	2.54	2.29	1.75	2.28
	$\bar{X}$	2.30	2.07	2.28	2.31	
50	1/3-2/3	1.93	2.18	2.14	1.55	1.95
	1/2-1/2	1.98	1.83	1.51	1.47	1.69
	1/3-1/3-1/3	2.21	2.54	2.73	2.08	2.39
	$\bar{X}$	2.04	2.18	2.12	1.70	
100	1/3-2/3	2.50	1.89	2.21	2.73	2.33
	1/2-1/2	2.56	2.64	2.19	2.22	2.40
	1/3-1/3-1/3	2.50	3.10	3.01	2.52	2.78
	$\bar{X}$	2.52	2.54	2.47	2.45	
150	1/3-2/3	2.33	2.39	2.24	2.74	2.42
	1/2-1/2	1.94	2.59	2.11	1.90	2.13
	1/3-1/3-1/3	2.54	2.08	1.70	1.68	2.00
	$\bar{X}$	2.27	2.35	2.01	2.10	

Tabla N<sup>o</sup> 14.- Porcentaje de protefna presente en el grano de -  
de mafz.

Dosis	Tiempos de Aplic.	R E P E T I C I O N E S				$\bar{X}$
		I	II	III	IV	
0	1/3-2/3	13.75	8.01	12.06	16.25	12.52
	1/2-1/2	12.88	12.06	11.56	13.38	12.47
	1/3-1/3-1/3	13.63	12.06	12.63	11.81	12.53
	$\bar{X}$	13.42	11.04	12.08	13.81	
50	1/3-2/3	12.31	12.63	11.00	11.88	11.96
	1/2-1/2	12.19	13.56	11.63	13.63	12.75
	1/3-1/3-1/3	13.56	12.68	13.81	13.56	13.41
	$\bar{X}$	12.69	12.96	12.15	13.02	
100	1/3-2/3	12.25	12.69	11.19	13.50	12.41
	1/2-1/2	11.81	12.25	12.00	12.88	12.24
	1/3-1/3-1/3	12.31	11.81	18.75	13.75	12.87
	$\bar{X}$	12.12	12.25	13.98	13.38	
150	1/3-2/3	11.38	11.56	12.31	13.81	12.27
	1/2-1/2	12.63	12.00	13.13	11.00	12.19
	1/3-1/3-1/3	11.56	13.06	13.56	16.19	13.59
	$\bar{X}$	11.86	12.21	13.00	13.66	

Tabla N° 15.- Rendimiento de rastrojo como materia seca en kilogramos por parcela útil (7.36 ---- mts.<sup>2</sup>).

Dosis	Tiempos de Aplic.	R E P E T I C I O N E S				$\bar{X}$
		I	II	III	IV	
0	1/3-2/3	2.73	2.92	1.57	1.39	2.15
	1/2-1/2	1.45	1.58	1.76	2.92	1.93
	1/3-1/3-1/3	2.38	1.63	1.91	1.76	1.92
	$\bar{X}$	2.19	1.82	1.75	2.19	
50	1/3-2/3	2.29	1.68	2.22	2.10	2.07
	1/2-1/2	1.89	2.01	3.16	1.64	1.82
	1/3-1/3-1/3	1.91	1.53	1.80	1.20	1.61
	$\bar{X}$	2.03	1.74	2.39	1.63	
100	1/3-2/3	1.98	2.60	2.61	2.24	2.36
	1/2-1/2	1.98	2.45	2.06	2.18	4.17
	1/3-1/3-1/3	1.68	2.33	2.39	1.64	2.01
	$\bar{X}$	1.88	2.46	2.35	2.02	
150	1/3-2/3	1.49	1.55	2.36	2.14	1.87
	1/2-1/2	2.10	1.33	1.98	2.29	1.93
	1/3-1/3-1/3	1.70	2.19	2.56	1.95	2.10
	$\bar{X}$	1.76	1.66	2.30	2.13	



