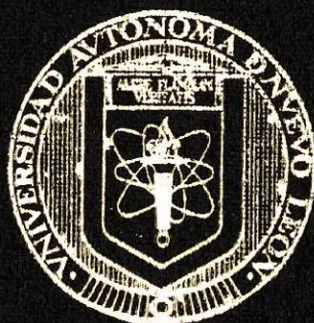


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



"FERTILIZACION NITROGENADA EN LA VARIEDAD RANCHERO
DE MAIZ (Zea mays L.) CICLO P-V DE 1987
EN EL MUNICIPIO DE MARIN, N. L."

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

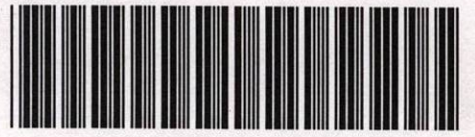
PRESENTA

DANIEL ACOSTA DIAZ

MARIN, N. L.

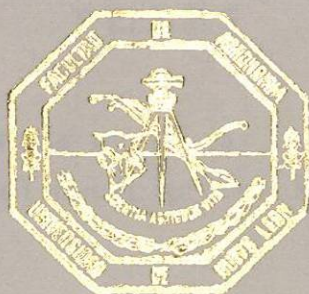
ENERO DE 1989

T
SB191
.M2
A26
c.1



1080060577

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA



"FERTILIZACION NITROGENADA EN LA VARIEDAD RANCHERO
DE MAIZ (Zea mays L.) CICLO P-V DE 1987
EN EL MUNICIPIO DE MARIN, N. L."

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

PRESENTA

DANIEL ACOSTA DIAZ

MARIN, N. L.

ENERO DE 1989

epur
09583

T
SB 191
M2
A26

040.633

FA6

1989

C.5



Biblioteca Central
Magna Solididad

F tesis

BU

F DO
TESIS LICENCIATURA

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE AGRONOMIA
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

T E S I S

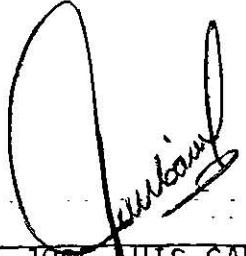
"Fertilización nitrogenada en la variedad Ranchero de maíz (Zea mays L.)
Ciclo P-V de 1987 en el municipio de Marín, N.L."

Aceptada y aprobada como requisito para obtener el título de INGENIERO
AGRONOMO FITOTECNISTA, presenta DANIEL ACOSTA DIAZ.

COMITE SUPERVISOR DE TESIS



ING. M.C. JOSE LUIS JAVIER GUZMAN RODRIGUEZ
Presidente



ING. M.C. JOSE LUIS CANTU GALVAN
Vocal



ING. M.C. NAHUM ESPINOSA MORENO
Secretario

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. M.C. José Luis Javier Guzmán Rodríguez

Por su asesoría y consejos en la realización del presente trabajo.

Al Ing. M.C. José Luis Cantú Galván

Por su ayuda y sugerencias prestadas en la tesis.

Al Ing. M.C. Nahum Espinosa Moreno e Ing. Daniel Becerra

Por su ayuda estadística prestada en los análisis de esta tesis.

A mis amigos y compañeros, especialmente a:

Mario Sánchez

Cesar Serrato

Gabino Nerio

Roberto Padilla

Luis Pérez

Rodolfo Palacios

Gloria Estrella

Gracias por la unión que existió entre todos.

A todos los demás compañeros que convivieron durante toda mi carrera.

A TODOS GRACIAS.

INDICE

	Página
I. INTRODUCCION.	1
II. REVISION DE LITERATURA.	3
2.1. El nitrógeno en la planta.	3
2.1.1. Importancia.	3
2.1.2. Funciones.	4
2.1.3. Asimilación.	4
2.1.4. Deficiencias y excesos.	6
2.1.5. Dosis óptima fisiológica y económica.	8
2.1.6. Efecto de dosis altas y bajas.	8
2.2. El nitrógeno en el suelo.	9
2.2.1. Pérdidas.	9
2.2.2. Análisis de suelo.	16
2.2.3. Factores que afectan las aplicaciones de fertili- zantes.	19
2.3. Fertilización en México.	20
2.3.1. Historia.	20
2.3.2. Producción, distribución y costos.	22
2.3.3. Fertilizantes nitrogenados orgánicos e inorgánicos	23
2.3.4. Comparación de la urea con otros fertilizantes ni- trogenados.	28
2.3.5. Composición química de la Urea.	30
2.3.6. Importancia de la humedad en la eficiencia de la fertilización.	31
2.3.7. Forma de aplicación de los fertilizantes.	33
2.3.8. Epocas de aplicación de fertilizantes.	35
2.4. El cultivo del maíz.	36
2.4.1. Importancia.	36

	Página
2.4.2. Importancia de los fertilizantes en el aumento en rendimiento de maíz.	37
2.4.3. La fertilización nitrogenada en el incremento de grano.	38
2.4.4. Fertilización nitrogenada en maíz.	39
2.5. Fertilización nitrogenada en otros cultivos.	41
III. MATERIALES Y METODOS.	45
3.1. Localización geográfica.	45
3.2. Clima de la región.	45
3.3. Propiedades físicas y químicas del suelo y subsuelo.	45
3.4. Materiales.	47
3.5. Métodos.	48
3.6. Especificaciones del experimento.	49
3.7. Tratamientos utilizados.	50
3.8. Variables tomadas antes de la cosecha.	50
3.9. Variables estudiadas después de la cosecha.	51
3.10. Variables originadas.	52
3.11. Variables transformadas.	53
3.12. Análisis estadístico.	53
3.13. Desarrollo del experimento.	53
IV. RESULTADOS.	56
4.1. Correlaciones.	59
V. DISCUSION.	60
VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	63
VII. RESUMEN.	65

VIII. BIBLIOGRAFIA.	67
IX. APENDICE.	71

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

<u>Cuadros del Texto</u>	Página
1 Precio-actual de algunos fertilizantes en general del experimento.	24
2 Fertilizantes portadores de Nitrógeno inorgánico del experimento.	26
3 Propiedades físicas y químicas del suelo y subsuelo donde se desarrolló el experimento.	46
4 Datos climatológicos registrados durante el desarrollo del experimento desde la siembra a la cosecha.	47
5 Registro del número total de riegos llevados a cabo en el experimento.	54
 <u>Cuadros del Apéndice</u>	
6 Equivalencia de simbología para las variables del experimento.	72
7 Estadísticos más importantes de las variables del experimento	73
8 Resumen del análisis de varianza de las variables estudiadas en el experimento.	74
9 Coeficientes de correlación Pearson del experimento.	75
10 Concentración de datos para todas las variables consideradas en el experimento.	76
11 Comparación de medias para las dosis de fertilización de la variable diámetro de mazorca por el método DMS (Diferencia Mínima Significativa) del experimento.	77

Cuadro	Página
12 Comparación de medias para la interacción épocas de aplicación con dosis de fertilización de la variable diámetro de mazorca, por el método de DMS (Diferencia Mínima Significativa) del experimento.	77
13 Comparación de medias para las dosis de fertilización de la variable número de hileras por mazorca, por el método DMS (Diferencia Mínima Significativa) del experimento.	78
14 Comparación de medias para las épocas de aplicación de la variable índice de grano, por el método DMS (Diferencia Mínima Significativa) del experimento.	78
15 Abaco de actividades realizadas durante el desarrollo del cultivo en el experimento.	79

Figura del Apéndice

1 Distribución esquemática de los tratamientos bajo un Diseño Bloques al Azar, con arreglo en parcelas divididas en el experimento.	80
---	----

I. INTRODUCCION

El alimento del maíz constituye actualmente el alimento básico de mayor importancia en México y en casi todos los países de América.

En México, el maíz es uno de los productos básicos en la alimentación del pueblo mexicano; es complemento obligado del frijol y constituye la principal fuente de proteínas para los sectores de población de modestos recursos, del campo y la ciudad.

El rendimiento nacional medio es de 1500 kg/ha, el cual se considera una producción nacional insuficiente, por lo que se hace necesaria la importación de este grano, para cubrir la demanda debido a los bajos rendimientos producidos.

En el estado de Nuevo León, a nivel regional se cultivan cerca de 100 mil ha. de maíz bajo dos tipos de explotación: El comercial, constituye el 20% de la superficie principalmente de riego, localizada en la parte norte y centro del Estado y el tradicional, que representa el 80% del área, se realiza con fines generalmente de autoconsumo en las zonas temporaleras de la parte sur y norte del Estado.

El maíz está sujeto a una serie de factores que limitan su producción, la fertilización es uno de los principales factores que limitan su producción, el control de malezas y plagas.

Al considerar los medios a través de los cuales es posible aumentar la productividad agrícola en el corto plazo, el fertilizante deberá ser citado de manera preponderante. La frontera agrícola actual fertilizada y el nivel unitario de nutrimentos utilizado en nuestra agricultura, pueden y deben ser

ampliados como medios para elevar la producción. No obstante, los fertilizantes deberán ser manejados de manera conjunta o simultánea con el resto de los factores dentro de una estrategia agronómica globalizadora que va desde la consideración de la productividad de la tierra -la vocación del suelo- y mano de obra, hasta el manejo y conservación de las cosechas. En especial, el manejo adecuado del suelo y las prácticas que prevengan su degradación-erosión, contaminación, desertización-, son determinantes en buena medida del éxito en el uso de los fertilizantes.

Este trabajo consiste en la fertilización nitrogenada de la variedad Ranchero de maíz (Zea mays L.).

Fue desarrollado en el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo, perteneciente al Centro de Investigaciones Agropecuarias de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León.

Los objetivos del trabajo fueron los siguientes:

1. Encontrar la mejor dosis de fertilización y la mejor época de aplicación de las propuestas en este experimento.
2. Conocer el comportamiento de los diferentes parámetros morfológicos (altura de planta, altura de mazorca, rendimiento de grano etc.) a las diferentes dosis de fertilización y épocas de aplicación.

Las hipótesis planteadas fueron:

1. Existe diferencia significativa entre dosis de fertilización y épocas de aplicación.
2. Existe diferencia significativa entre los diferentes parámetros morfológicos estudiados.

II. LITERATURA REVISADA

2.1. El nitrógeno en la planta

2.1.1. Importancia.

Entre los diferentes elementos nutritivos de los cereales probablemente es el Nitrógeno el que ha sido sometido al mayor y más intenso estudio y aún hoy está recibiendo mucha atención.

De los tres elementos corrientemente aplicados en fertilizantes comerciales, parece que el Nitrógeno es el de mayores y más rápidos efectos. La adición de Nitrógeno les provoca a las plantas un cambio patente, indicativo de la actividad inusitada de este elemento dentro de la planta. En todas las plantas, el Nitrógeno es un regulador que gobierna en considerable grado el uso del Potasio, Fósforo y otros constituyentes (8).

La planta de maíz es exigente en Nitrógeno y no importa que haya un exceso de éste en el terreno, su crecimiento estará en relación con el Nitrógeno, hasta determinados límites.

El Nitrógeno es uno de los elementos químicos más importantes (primer lugar) en el desarrollo de las plantas y que por lo general falta en todos los suelos mal manejados (13).

El Nitrógeno juega un papel importante en el incremento de la producción de maíz por el mejoramiento en el crecimiento vegetativo, la cual incrementa la capacidad fotosintética (23).

Una de las causas de por qué 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 clorofila, nucleotidos fosfatidos, alcaloides, enzimas, hormonas y vitaminas (14).

2.1.2. Funciones.

La influencia del nitrógeno se manifiesta en las plantas en la siguiente forma:

- 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 Calcio en los tejidos de la planta.
- Fomenta el desarrollo vegetativo e impulsa la formación de follaje de buena calidad, facilitando la producción de carbohidratos y ayudando a la succulencia.
- Tiene mayor capacidad para absorber los demás nutrientes
- Incrementa la capacidad de intercambio catiónico.
- Produce un desarrollo rápido de las plantas
- Las plantas crecen vigorosamente (38).
- Retarda el proceso de floración de las plantas.
- Retarda la maduración de los frutos.
- Influye en la sanidad de los vegetales (13).

2.1.3. Asimilación.

Las formas más comúnmente asimilables por la planta son los iones de Nitrato (NO_3^-) y el amonio (NH_4^+), según las características del suelo, se encuentra en mayor cantidad disponible en una u otra forma, por ejemplo, en suelos calientes, bien aireados, ligeramente ácidos o ligeramente alcalinos predomina la forma Nitrato. Algunas plantas crecen igual con el suministro

de Nitrógeno en forma de Nitrato o Amoniacal. Indiferentemente de la forma en que es absorbido el Nitrógeno por las plantas, éste es transformado en el interior de la planta a la forma de $-N=$, $-NH-$ ó $-NH_2$. Tanto el Nitrógeno en forma de amonio o nitrato, puede ser inmovilizado por la microflora del suelo.

Los iones amonio (NH_4^+) pueden retenerse en forma intercambiable en la superficie de los cristales de las arcillas y de humus, pero las bacterias cambian pronto el amonio a nitrato que son lixiviados con facilidad. El único almacén de cualquier tipo de Nitrógeno es la materia orgánica del suelo (39).

Russell y Russell (31), mencionan algo similar; sin embargo, agregan que el nitrato es rápidamente reducido posiblemente a amonio por medio de una enzima que contiene Molibdeno. Los iones amonio y parte de los carbohidratos sintetizados en las hojas son convertidos en aminoácidos, principalmente en la misma hoja verde; de aquí que tan pronto como el aporte de Nitrógeno asciende en comparación con el de otros nutrientes, las proteínas producidas en exceso permiten a las hojas de la planta alcanzar mayor tamaño y con ello, tener una mayor superficie asequible a los procesos de fotosíntesis y, de hecho, dentro de un amplio intervalo de suministro de Nitrógeno en muchos cultivos, la extensión de área foliar asequible a la fotosíntesis es a grosso modo proporcional a la cantidad de Nitrógeno suministrado.

El Nitrógeno en la forma de nitratos, es fácilmente soluble en agua y es utilizado con rapidez por la mayoría de los cultivos.

Un buen número de cultivos diferentes pueden emplear el Nitrógeno amo-

niacal, pero la mayor parte de éste se convierte en nitratos, debido al proceso de nitrificación, antes que las plantas puedan absorberlo. Como consecuencia, las formas de nitrato y de amonio del Nitrógeno son de valor casi igual para la mayoría de los cultivos y de las situaciones (19).

La mayoría de las plantas no pueden asimilar el Nitrógeno directamente en forma elemental, como existe en el aire en cantidades sin límite. Solo las leguminosas son una excepción por la simbiosis con las bacterias nodulares. Por lo tanto, sólo asimilan compuestos nitrogenados los que suministramos en el suelo en forma de sales amónicas y nítricas mediante el abono que se transforman igualmente en formas nítricas (35).

2.1.4. Deficiencias y excesos de Nitrógeno.

Los síntomas que presenta una deficiencia de Nitrógeno, es quizás la más extendida en los cultivos y ejerce un marcado efecto en los rendimientos de las plantas. A causa de una deficiencia clorofílica, el vegetal sufre la inhibición de su capacidad de asimilación y formación de carbohidratos. Ello conduce a una deficiente y prematura floración y fructificación, y como consecuencia, el período vegetativo se acorta. Es característica de la falta de Nitrógeno la pérdida uniforme de color verde de las hojas nuevas que pasan a una coloración amarillo pálido (9 y 35).

Buckman y Brady (8), mencionan algo similar; sin embargo, agregan que las plantas que reciben Nitrógeno en cantidad insuficiente quedan aturdidas en su crecimiento y poseen un sistema radicular restringido.

Peligros de una aportación excesiva. Debido al inmediato efecto sobre las plantas de la aplicación de compuestos asimilables de Nitrógeno, podría caerse en la tentación de recomendar aplicaciones más altas de las que son

son necesarias. Ello sería desgraciado, ya que el Nitrógeno se gasta y se pierde fácilmente en el suelo. De los tres fertilizantes (N, P y K), es el único, que cuando se agrega a veces en exceso puede ocasionar efectos perniciosos en algunos cultivos. Las hojas de color verde oscuro, demasiado jugosas y blandas, son indicativos de un exceso de Nitrógeno. Los efectos posibles y dañosos de este elemento puede ordenarse como sigue:

1. El Nitrógeno puede retardar la maduración al favorecer excesivamente el crecimiento vegetativo, que continúa verde más allá del tiempo normal de maduración.
2. Puede debilitar la paja y favorecer el encamado.
3. El Nitrógeno puede hacer bajar la calidad del cultivo. Esto es especialmente notable en ciertos granos y frutos, como cebada y melocotones.
4. En ocasiones puede hacer disminuir la resistencia a las enfermedades.

No debe deducirse, sin embargo que todas las plantas sean afectadas peligrosamente por grandes cantidades de Nitrógeno. Muchos cultivos como cereales, lechuga, rábanos y similares, pueden aceptar grandes cantidades de este elemento para su mejor y más normal desarrollo.

Con tales cultivos los efectos dañinos citados anteriormente no son esperables, a menos que se apliquen enormes cantidades de Nitrógeno. Los fertilizantes nitrogenados pueden usarse libremente, en tales casos, siendo lo más digno de tener en cuenta el costo de los materiales usados en relación al aumento de valor de las cosechas (8).

El Nitrógeno siempre encontrará respuesta para cualquier cultivo en los suelos de México, pero ¡Cuidado!, una fertilización nitrogenada excesiva puede impedir la floración, o que las plantas "se vayan de vicio" (24).

2.1.5. Dosis óptima fisiológica y económica.

La primera es la dosis del cual se obtiene el máximo rendimiento, estando los factores como temperatura y humedad entre otros, en cantidades suficientes.

La segunda es la dosis de la cual un incremento en un nutriente determinado, produce un incremento en el rendimiento de aplicación de dicho fertilizante, el cual paga al fertilizante aplicado más gastos de aplicación (comunicación personal con el Dr. Rigoberto Vázquez).

Jacob y Van Vexhull, citados por Pineda (28), indican que la fertilización nitrogenada, en la mayoría de los suelos es una operación correcta y necesaria, su cantidad será adecuada, si satisface la demanda de la planta y existe un equilibrio con las necesidades de Fósforo y Potasio. Lo importante es determinar la dosis óptima del fertilizante, el método de aplicación más oportuna, la dosis óptima bien definida para una localidad y época, aún con el mismo tipo de suelo, el examen de los rendimientos de maíz disponible en la literatura, sugiere que la variación existente entre sitios y épocas es aproximadamente del 15%.

2.1.6. Efecto de dosis altas y bajas de Nitrógeno.

Para cultivos tropicales como el maíz y los sorgos, dosis elevadas de Nitrógeno, tienden a anticipar el momento de la floración y maduración e incrementan la producción de grano con relación a la de la paja. La producción de grano del maíz puede ser más que doblada mediante la aplicación de Nitrógeno, sin que la de paja se afecte en modo apreciable (32).

El ideal para abonar racionalmente debería ser fijar las dosis de abonos no más altas ni más bajas de lo que sea necesario para alcanzar bajo

las demás circunstancias del lugar los rendimientos máximos. Teniendo en cuenta las leyes de rendimiento, resulta que esta cantidad más conveniente de abonos puede variar de un caso a otro y esto depende de:

1. Del contenido del suelo en sustancias nutritivas asimilables.
2. De las necesidades de fertilizantes de la planta que se quiere cultivar.
3. Del rendimiento máximo que puede conseguirse bajo las circunstancias dadas restantes, es decir, de la configuración de los otros factores de crecimiento.
4. De la capacidad de absorción y de utilización de los abonos empleados.
5. De circunstancias económicas y de la explotación agrícola.
6. Del precio de los abonos.

Las primeras dificultades se presentan para determinar el contenido de materias nutritivas en el suelo, aunque supongamos que sea posible sacar una muestra verdaderamente media de la finca, empleando todo el cuidado posible y prescindiendo de otras complicaciones dadas por la influencia del subsuelo sobre la alimentación de la planta (35).

2.2. El Nitrógeno en el suelo

2.2.1. Pérdida del Nitrógeno en el suelo.

En forma estimativa, se ha encontrado que se pierde entre el 30 y 60% del Nitrógeno aplicado como fertilizante, aunque bajo ciertas condiciones, tales pérdidas pueden llegar a ser tanto como el 80% del total. Existen seis mecanismos básicos por medio de los cuales el Nitrógeno de suelo* que-

* Entiéndase por Nitrógeno del suelo aquél que proviene tanto de fuentes na turales como de fertilización artificial.

da por fuera del alcance físico, químico y biológico de las raíces de los cultivos y por consiguiente, fuera de su posible aprovechamiento como nutriente, dichos mecanismos son: lixiviación, erosión, volatilización, fijación, reacción química y desnitrificación.

Algunos autores también consideran como una pérdida al Nitrógeno que absorben los cultivos en forma natural durante su crecimiento y desarrollo, ya que cuando son cosechados el Nitrógeno que incorporaron a sus tejidos no retorna al suelo directa e inmediatamente, salvo en algunos casos especiales como cuando la cosecha se emplea como abono verde, o cuando se utiliza la técnica de cultivo conocida como labranza mínima o reducida.

Para efectos del análisis que se discute, el Nitrógeno absorbido por los cultivos no se considerará una pérdida como tal.

1. Lixiviación

El lavado hacia estratos inferiores de los elementos nutricios presentes en el suelo por acción del agua, se conoce como lixiviación. En general, la lixiviación es una de las principales causas del alto porcentaje de Nitrógeno que se pierde del suelo; este problema puede ser crítico en climas húmedos, en zonas con riego excesivo o en suelos de textura arenosa.

De las formas iónicas del Nitrógeno asimilable del suelo, la más susceptible de ser lixiviada son los nitratos (NO_3^-), debido a que los iones amonio (NH_4^+) pueden ser absorbidos por los coloides del suelo y porque son rápidamente oxidados hacia la forma nítrica. Los nitratos se lixivian con facilidad desde los horizontes superiores hasta alcanzar profundidades notables, llegando hasta la capa freática inclusive; el análisis de suelo antes y después de una lluvia fuerte, revelaría una reducción notable en el con-

tenido de nitratos de los horizontes superiores.

A saber, existen diversos factores que influyen las pérdidas de Nitrógeno por lixiviación, siendo los más importantes los mencionados a continuación:

- Velocidad de nitrificación
- Clima
- Precipitación pluvial
- Riego
- Permeabilidad y capacidad de retención de agua de riego
- Tipo de cultivo sembrado
- Textura, estructura y temperatura del terreno.

2. Erosión

No existen registros bibliográficos que ejemplifiquen la magnitud de las pérdidas de Nitrógeno ocasionadas por la erosión del suelo; sin embargo, se estima que dichas pérdidas son equivalentes al total del Nitrógeno absorbido por los cultivos en la misma base de tiempo, debido básicamente a que la erosión se inicia en los horizontes superiores donde precisamente se encuentra la mayor parte del Nitrógeno del suelo.

La causa básica de la erosión del suelo, es el agua de lluvia. En suelos que permanecen descubiertos después de la cosecha por no estar sembrados o con cubierta vegetal, las gotas de lluvia son especialmente erosivas.

En este contexto, la erosión del suelo se podría definir como la separación de partículas de la masa del mismo y su posterior transporte a lo largo de la cuenca hidráulica. Cuando llueve, caen gotas de hasta 6 mm de diámetro que chocan contra la superficie del suelo a velocidades que pueden llegar a

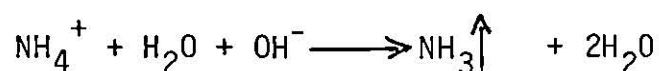
los 32 km/hr. El choque constante de las gotas contra el suelo hace que se separen sus partículas y agregados, desplazándolos aún a distancias superiores a los 90 cm.

Los procesos de desprendimiento, transporte y sedimentación de las partículas del terreno ocurren durante las lluvias erosivas. Su extensión está determinada por la intensidad y la cantidad de lluvia, la topografía del terreno, la cobertura vegetal y el tipo del mismo.

3. Volatilización.

Otro camino por el cual se pierde el Nitrógeno del suelo es la volatilización del amoniaco, la cual se lleva a cabo preferentemente en suelos alcalinos. Bajo condiciones ácidas, las pérdidas prácticamente se nulifican, ya que los ácidos absorben fácilmente el amoniaco formando sales de amonio. Por otro lado, en condiciones alcalinas el ión amonio es inestable y muy propenso a descomponerse en amoniaco gaseoso.

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



El gas amoniaco así formado escapa fácilmente a la atmósfera, pasando a través de los espacios porosos del suelo.

Resumiendo, las condiciones que desfavorecen las pérdidas de Nitrógeno por volatilización de amoniaco, son: la disminución del contenido de humedad, la aplicación del fertilizante a varios centímetros por debajo de la superficie y la disminución de la temperatura.

4. Fijación.

Existe otro destino para el amoniaco formado, ya sea por amonificación de la materia orgánica o por la hidrólisis de las sales de amonio empleadas como fertilizantes; dicho camino consiste en su fijación bajo forma iónica no intercambiable a través de su transformación a compuestos orgánicos o de su incorporación a la estructura somática de los microorganismos del suelo.

En el primero de los casos, los iones amonio son fijados al introducirse a la estructura molecular de ciertas arcillas o barros minerales (montmorillonita, la illita y la vermiculita), mediante el mecanismo de intercambio iónico de los cationes ahí presentes; dicha fijación ocurre con más profusión en los subsuelos que en la superficie del terreno.

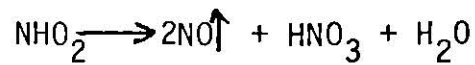
En el segundo caso, el amoniaco puede reaccionar con algunos componentes de la materia orgánica como los azúcares, para dar compuestos nitrogenados fijos; esta reacción se favorece en un medio alcalino y en suelos ricos en materia orgánica.

5. Reacciones químicas

Algunas de las innumerables reacciones químicas que se llevan a cabo en el suelo, involucran la pérdida de Nitrógeno gaseoso principalmente bajo las formas N_2 , N_2O y NO .

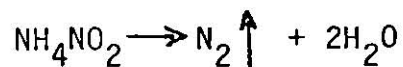
Las cantidades de Nitrógeno que se pierden por conducto de reacciones puramente químicas ha sido objeto de discusión, así como los mecanismos propuestos por cada una de ellas. Estos últimos se mencionan a continuación.

La reacción más importante probablemente sería la descomposición espontánea del ácido nitroso, de acuerdo a la siguiente expresión:



La segunda reacción en importancia en la descomposición no biológica del nitrito con pérdida de Nitrógeno gaseoso del suelo sería la reducción del ácido nitroso por acción de la materia orgánica, desprendiéndose de la reacción el Nitrógeno elemental (N_2) y el oxido nitroso (N_2O).

La tercera reacción es la descomposición del nitrito de amonio, representado por la siguiente ecuación:



Por último, la denominada reacción de Van Slyke, en la cual existe interacción del ácido nítrico con los grupos aminoalifáticos de los aminoácidos para dar un alcohol y Nitrógeno elemental que escapa a la atmósfera.



donde R es un grupo orgánico alifático

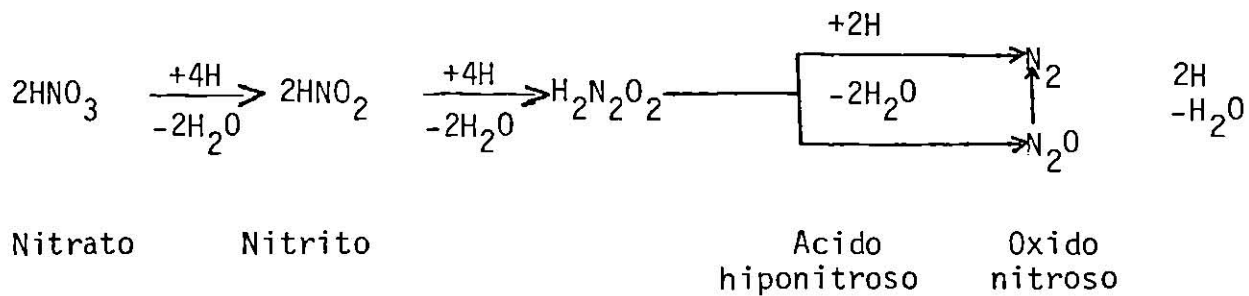
Puede observarse claramente que todas las reacciones químicas mencionadas parten de compuestos que contienen el Nitrógeno bajo la forma de iones nitrito, los cuales son rápidamente transformados a nitratos por los microorganismos del suelo. Esta es una de las causas que determinan que las pérdidas de Nitrógeno a través de reacciones químicas sean limitadas en importancia para la agricultura.

6. Desnitrificación.

Se conoce como desnitrificación a toda reducción biológica de los iones nitrito y nitrato del suelo hacia compuestos gaseosos del Nitrógeno. Las bacterias responsables son principalmente del género *Pseudomonas* y también

Achromobacter, Micrococcus y algunos Bacillus, las más estudiadas han sido las Pseudomonas desnitrificants, los Thiobacillus desnitrificants, las Pseudomonas aeuroginosa y las Pseudomonas fluorescens.

Como las bacterias que realizan este proceso son anaeróbicas, el contenido de aire en el suelo determina en primera instancia la posibilidad y la magnitud de que se lleve a cabo. En suelos anegados o compactados, la desnitrificación procede efectivamente, siempre y cuando se cumplan las demás condiciones que se mencionan enseguida, de acuerdo a la ecuación general:



Los gases de N_2O y N_2 que se desprenden pueden significar una muy importante pérdida bajo las siguientes condiciones:

- Una excesiva humedad en el suelo.
- Materia orgánica con alto contenido de carbono
- Un pH entre neutro y moderadamente ácido
- Una temperatura adecuada (se ha observado poca actividad de las bacterias desnitrificantes a 5°C , con un óptimo de actividad a los 37°C y a una reducción en la misma a los 45°C)

En suelos cálidos saturados de agua y con alto contenido de materia de fácil descomposición, las pérdidas por desnitrificación a corto plazo son rápidas e importantes sobre todo si el suelo contiene originalmente muchos nitratos.

Es difícil que estas condiciones se den apropiadamente por períodos largos en la mayoría de los suelos cultivados, a excepción quizás de los cultivos anegados de arroz, donde a sabiendas no se emplean comúnmente fertilizantes nítricos, por lo cual las pérdidas de Nitrógeno por desnitrificación pueden considerarse despreciables (1).

2.2.2. Análisis de suelo.

La agricultura moderna ha llegado a ser un trabajo de precisión que exigen cada vez más los análisis de suelos para diagnosticar los defectos físicos, químicos o biológicos de las tierras cultivadas.

El análisis físico y químico clásico de las muestras de suelo, se completa a menudo con un estudio pedológico del perfil, así como por análisis de ciertos órganos vegetales (hojas principalmente).

El análisis físico se realiza sobre la tierra fina (es decir, la que pasa por un tamiz con orificios redondos de 2 mm de diámetro), dando lugar a dos determinaciones principales: Granulometría y Dosificación de la caliza total y de la caliza activa.

Por su parte, el análisis químico lo que interesa conocer no es la riqueza total en elementos fertilizantes que se obtiene atacando el suelo con reactivos fuertes, sino la riqueza en elementos fertilizantes asimilables por la planta, lo que es muy delicado. Para ello se necesitan reactivos más débiles que den una idea aceptable de la cantidad de elementos nutritivos que puedan pasar a las soluciones del suelo.

Se pueden utilizar a los métodos clásicos o el método rápido de Morgan-Barbier (22).

Las pruebas químicas rápidas del suelo para determinar las necesidades de cal y fertilizantes, son ampliamente usadas, habiendo aumentado la necesidad de estas pruebas con el incremento en el uso de fertilizantes. El propósito de estos análisis del suelo es determinar la provisión disponible de los principales elementos nutricios de la planta en el suelo. Las pruebas de laboratorio han sido desarrolladas para medir exactamente la provisión disponible.

Los resultados de las pruebas de laboratorio tienen que ser comparadas favorablemente con la provisión disponible de elementos nutritivos de la planta, si ellos han de ser de valor. Así, la exactitud de una prueba de suelo particular, puede ser determinada solamente comparando su valor con los resultados obtenidos en los experimentos de fertilizantes en el campo (37).

El propósito general del análisis de los suelos es dar una expresión cuantitativa de la constitución y propiedades de los mismos. Es el complemento de la descripción de la morfología del suelo en el campo, en el sentido de que da mayor precisión a la especificación de ciertas propiedades, tales como la textura y la reacción; también tiene un valor complementario, debido a que revela y expresa ciertas propiedades, tales como la composición de la fracción arcilla que no puede ser estimada en el examen de campo.

Considerando el análisis de suelos de la manera como generalmente se practica, debemos distinguir dos finalidades. Primero existe la finalidad práctica de descubrir y atribuir las deficiencias de nutrientes vegetales para hacer recomendaciones sobre el tipo de cultivos. En este epígrafe debemos incluir el examen de los suelos realizado con el fin de descubrir la presencia de constituyentes dañinos al crecimiento de las plantas. Los análisis

de suelos o como de manera más general se denominan, las pruebas de suelos, son un factor muy importante en la agricultura británica y, desde luego, de la agricultura de todos los países progresivos.

Existe sin embargo, otro propósito en el análisis de los suelos, a saber, la especificación exacta y cuantitativa de un suelo con el propósito de conocer su constitución y de compararlo con otros suelos. Ese propósito es fundamentalmente científico y constituye la base de todo intento de comprensión de la génesis de los suelos y de la distribución de los mismos en una clasificación ordenada.

Los datos obtenidos por este tipo de análisis del suelo, son sobre todo necesarios para complementar las descripciones de los perfiles del suelo en el campo, que de otra manera tendrían el peligro de hacerse demasiado cualitativos y subjetivos (29).

Los análisis de suelos ayudan a los granjeros de varios modos. En primer lugar, le indican la cantidad y clase de fertilizantes y cal que deben ser aplicados a una cosecha cultivada, en un cierto suelo. Y a menudo pueden ser usadas para determinar cuál de las dos o más campos disponibles son los mejores adaptados al cultivo de una cosecha específica.

Combinados con las pruebas de tejido de las plantas, los análisis de suelos son excelentes recursos para el diagnóstico de los trastornos en el crecimiento cuando una planta falla en el desarrollo satisfactorio.

Las pruebas del suelo suministran también un excelente método de control para determinar las pérdidas de alimentación de la planta durante las lluvias intensas. En tales casos, los elementos nutritivos perdidos en el suelo pueden ser reemplazados antes de que la planta comience a sufrir defi

ciencias (37).

2.2.3. Factores que afectan las aplicaciones de fertilizantes.

Para usar y aplicar fertilizantes, es necesario considerar las características del suelo (contenido y disponibilidad del elemento nutritivo a fertilizarse, pH, textura), las condiciones climáticas (temperatura, cantidad y distribución de la precipitación pluvial) y las características de la planta (necesidades, sistema radicular, rotación de cultivos, sistema de explotación y medidas de producción). En este complejo de factores, que aplicados determina la eficiencia de la fertilización, juegan un papel muy importante las características de los fertilizantes (contenido y forma química en elementos nutritivos, proceso de disolución-tamaño de gránulos- y sus reacciones con el suelo), en función de la dosis y sistema de aplicación (voleo banda). En la química de suelos interesa especialmente las características de los fertilizantes en función de sus reacciones y transformaciones en el suelo (17).

El valor agrícola de un fertilizante es necesariamente incierto, ya que un material tan fácilmente sujeto a cambios es colocado en contacto con dos amplias variables, el suelo y el cultivo. Las condiciones del suelo fluctúan constantemente, no solo de año en año, sino progresivamente a través de una estación, La clase y calidad, provocan estos cambios.

Además, el suelo y el fertilizante añadido reaccionan entre sí a menudo muy vigorosamente, química y biológicamente. Las condiciones climáticas provocan un efecto tremendo sobre el suelo, sobre el cultivo y sobre el fertilizante aplicado. Si hay un exceso o deficiencia de humedad, no puede esperarse una eficacia total del fertilizante. En efecto, cualquier factor que pue

da tender a limitar el crecimiento de las plantas, reducirá necesariamente esta eficacia y por lo tanto, la respuesta del cultivo a la fertilización. Solo cuando otros factores no lo limitan puede estimarse la cantidad de fertilizantes con algún grado de seguridad.

A pesar de la complejidad de la situación, no obstante pueden utilizar se algunas guías para decidir la clase, cantidad de fertilizante a aplicar. Estas son especialmente:

- | | | |
|---|---|---|
| 1. Clase de cultivo a desarrollar | { | Valor económico
Extracción de elementos
Fertilizantes
Facilidad de absorción |
| 2. Condición química del suelo respecto a | { | Nutrientes totales
Nutrientes aprovechables |
| 3. Estado físico del suelo, sobre todo | { | Contenido de humedad
aireación (8) |

2.3. Fertilización en México

2.3.1. Historia

Es innegable que uno de los factores modernos de incremento de la productividad en la agricultura y la ganadería es la llamada "fertilización", que propiamente se puede entender como la nutrición de los cultivos, ya que a las plantas no las vamos a hacer fértiles, sino al suelo, donde se desarrollan esas plantas. Para ello, aunque es una expresión muy común, es un disparate decir que fertilizamos al maíz, al frijol, a la caña de azúcar, etc. Hecha esta anotación podemos afirmar que de 1905 a 1971 ha aumentado en el mundo el consumo de fertilizantes, aproximadamente unas 34 veces y en

México de 1949 a 1971, 28 veces (24).

Cook y Davis (1957) citados por Leon (24), asientan que la acumulación del P y K no es proporcional y después de varias aplicaciones, éstos se desbalancean. Así, el P se acumula en suelos minerales y el K en suelos orgánicos, además cuando se aplican micronutrientes pueden ser benéficos en ocasiones, pero también, el acumularse en cantidades pueden resultar tóxicas. Los efectos del cobre pueden durar años, pero el Boro y el Manganeso pueden aplicarse cada año porque se fijan sin llegar a ser tóxicos.

En Córdoba Veracruz, García y Velazco (1963) citados por Leon reportan en un experimento con caña de azúcar, después de haber fertilizado en la plantilla (sin fertilizar la soca) se encontró que "El Nitrógeno y el Potasio influyeron en forma positiva en el rendimiento de campo de una soca 437/1933 sembrada en suelo ferralítico de la zona cañera de Córdoba. El Nitrógeno tuvo un efecto significativo pero negativo en la cantidad de azúcar recuperable, en tanto que el Fósforo y el Potasio influyeron en forma significativa pero positiva sobre la acumulación de azúcar en la caña".

Los índices de Nitrógeno y Potasio acusaron incrementos significativos y positivos debido al efecto residual de ambos fertilizantes en el muestreo a los 5/12 meses de edad del cultivo en la tercera hoja de la caña (24).

Según Voisin (1979) citado por León. "El abono mineral es un instrumento maravilloso cuando se emplea bien, si es mal utilizado, puede convertirse en un agente muy peligroso que destruye la fertilidad de los suelos, disminuye los rendimientos y deteriora la calidad alimenticia de los productos agrícolas, pudiendo dañar gravemente la salud de los animales y de los hombres.

Propone evitar esto, aplicando la ley de restitución de los elementos sustraídos por la cosecha, las pérdidas por lixiviación y erosión. Pero además, los elementos asimilables que se pierden por aplicación de N, P, K, Cu y S, así como la aplicación de Potasio favorece el arrastre del Magnesio y del Calcio por las aguas de drenaje. En la absorción de NH_4^+ se libera H^+ , los cuales ejercen antagonismo frente al Magnesio facilitando su arrastre (24).

El uso de fertilizantes en México durante los últimos 30 años ha crecido de manera espectacular. En términos de N+P+K, el uso paso de 8,442 ton en 1960 a 1;319,543 toneladas en 1980, lo cual significa un crecimiento de 130 veces durante ese período. Al considerar paralelamente el consumo de fertilizante con la superficie fertilizada, que igualmente ha crecido en forma importante, se puede derivar la intensidad unitaria. En 1960 se fertilizaron 1.78 millones de hectáreas y en 1980 10.2 millones, es decir, seis veces más que 20 años antes.

De acuerdo con cifras correspondientes al período 1976-1982, el nivel de NP tuvo variaciones inconsistentes, con un período de 120 kg/ha de NP (18).

2.3.2. Producción, distribución y costos

La Urea es producida por FERTIMEX. Hay dos tipos de urea: a) recubierta y b) sin recubrir. Es un producto químico simple de relativamente alta pureza. El recubierto lleva un acondicionador, que es un material de recubrimiento (diatomita) para evitar su apelmazamiento. El manejo de fertilizantes (incluyendo la Urea), requiere de unas normas mínimas, ya que en su mayoría son higroscópicos y solubles, condición necesaria para su utilidad. Deben almacenarse sobre tarimas, en lugares secos en estibas no mayores de 10

sacos para evitar su compactación, dejando el mayor número de espacios vacíos entre estibas para facilitar la circulación del aire, sobre todo con el nitrato, evitar flamas o chispas, ya que se pueden provocar explosiones. Este almacenamiento debe ser por períodos menores de un año, sobre todo en climas húmedos.

Las garantías para la Urea son de 45.0% y 46% N para el recubierto y 96.47% y 98.62% de pureza como NH_2CONH_2 respectivamente. Presentación en perdigones (24).

Para la modernización comercial consideramos la complejidad del sistema actual de distribución de FERTIMEX, el cual se ha venido conformando con el fin de abastecer con suficiencia y oportunidad, los requerimientos de fertilizantes que demanda la alta heterogeneidad del agro mexicano. La estrategia para su reestructuración se orienta a concentrar progresivamente la participación de la empresa en 120 centros de distribución y venta de la etapa primaria del proceso, que abarca hasta bodega reguladora, con lo que se abatirían sus gastos operativos y se centralizarían los esfuerzos logísticos y de control; liberalizando la red secundaria para la concurrencia de otros sectores ya sean sociales o privados.

La Urea es distribuida en México por medio del transporte marítimo como complemento al ferroviario y carretera, a fin de acrecentar la capacidad de distribución y disminuir los costos por este concepto (2). El Cuadro 1 muestra el precio de algunos fertilizantes en general.

2.3.3. Fertilizantes nitrogenados orgánicos e inorgánicos.

Los fertilizantes orgánicos, entre los cuales están los residuos de basura, restos de pescados, tortas de semilla de algodón, deben sufrir la amonización, amonificación y nitrificación antes de que su nitrógeno resulte

Cuadro 1. Precio actual de algunos fertilizantes en general (obtenidos el 18 de Octubre de 1988).

P r o d u c t o	Precio (kg)			(%) Diferencia en 6 meses
	Hace 6 meses	Hace 1 semana	Esta semana	
- Fórmula 18-46-00	\$517.5	\$517.5	\$ 517.5	0.0
Fórmula 17-17-17	428.5	428.5	428.5	0.0
Nitrato de amonio	193.5	193.5	193.5	0.0
Sulfato de amonio	135.5	135.5	135.5	0.0
Sulfato de potasio	492.5	492.5	492.5	0.0
Superfosfato simple	131.5	131.5	131.5	0.0
Superfosfato triple	288.5	288.5	288.5	0.0
Urea	239.5	239.5	239.5	0.0

FUENTE: FERTIMEX.

completamente aprovechable para las plantas superiores. Como resultado no se rán tan rápidamente efectivos como el nitrato de sosa, nitrato amónico o sulfato amónico, y no producirán respuesta conveniente a menos que el suelo sea caliente. Su acción no obstante, es moderada y natural.

Los fertilizantes orgánicos se usan en muchos casos debido a su tendencia a liberar su Nitrógeno, gradualmente durante la estación. También ayudan al mantenimiento en buena condición física de cualquier mezcla fertilizante en la cual formen parte. Esta influencia es importante al asegurar una lenta y favorable distribución de la mezcla. Las mezclas fertilizantes contienen a veces de 90-140 kg por tonelada de algún material orgánico, por esta razón,

La principal objeción contra los amoniacos orgánicos es el coste del Nitrógeno que contienen, que es tres a cuatro veces superior al proporcionado por el nitrato sódico, sulfato amónico y otros fertilizantes orgánicos. Algunos de estos amoniatos orgánicos son demasiado caros para su uso general.

Consideración general. Existen muchos transportadores de Nitrógeno inorgánico que son usados para proporcionar nitrógeno en fertilizantes compuestos. Los más importantes entre ellas, junto con sus composiciones y orígenes son relacionados en el Cuadro 2.

Afortunadamente, presenta un amplio promedio en los contenidos de Nitrógeno de estos materiales (del 3% en los superfosfatos amoniacales al 82% en el amoniaco anhidro). Además, se representan varias formas químicas, incluyendo los compuestos amoniacales y nitratos, así como otros materiales como la urea y cianamida. Estos dos últimos, por su hidrólisis en el suelo dejan NH_4^- iones, que pueden ser tomados por las plantas o bien oxidados pa-

Cuadro 2. Fertilizantes portadores de Nitrógeno inorgánico.

Fertilizante	Forma química	Fuente	Aprox. de N. %
Nitrato sódico	NO ₃ Na	Salitre de Chile y sintético	16
Sulfato amónico	SO ₄ (NH ₄) ₂	Subproducto del coque y gas del alambrado, así como sintético.	21
Nitrato amónico ⁺	NO ₃ NH ₄	Sintético	33
<<Cal nitro>> y A.N.L.	NO ₃ NH ₄ y dolomita	>>	20
Urea*	CO(NH ₂) ₂	>>	42-45
Cianamida cálcica**	CN ₂ Ca	>>	22
Amoniaco anhídrido	NH ₃ líquido	>>	82
Licor amónico	Solución de NH ₄ OH	>>	20-25
Soluciones nitrogenadas	NO ₃ NH ₄ en NH ₄ OH	>>	27-53
Ammo-Fos"	PO ₄ H ₂ NH ₄ y otras sales amónicas	>>	11(48% P ₂ O ₅)
Fosfato diamónico	PO ₄ H(NH ₄) ₂	>>	21(53% P ₂ O ₅)

+ La deliquesencia viene controlada por materiales de revestimiento superficial o mezclado con dolomía, como el caso del Cal-nitro y A.N.L. (nombres registrados).

* El compuesto comercial se trata con tierra fina y muy seca para controlar la deliquesencia.

** Este fertilizante contiene más del 25% de Ca(OH)₂ y alrededor del 13% de carbono, aparte de otros ingredientes como CO₃Ca, CaS, et., la cantidad total de Calcio expresado como CaO es aproximadamente del 53%.

+ La forma más barata del Nitrógeno para uso fertilizador actualmente aprovechable.

" Fabricado tratando amoniaco con ácido fosfórico. $\text{NH}_3 + \text{PO}_4\text{H}_3 \longrightarrow \text{PO}_4\text{H}_2\text{NH}_4$.

sando a nitratos. Casi todos los materiales relacionados se usan como transportadores de nitrógeno, aunque el sulfato amónico y los nitratos son los compuestos más ampliamente empleados.

Los materiales relacionados en la tabla anterior, tienen una cosa común. todos pueden ser producidos sintéticamente, partiendo del nitrógeno atmosférico. Este hecho tiene una significación especial, sobre todo en lo que respecta al futuro uso del nitrógeno. En primer lugar, quiere decir que la cantidad del nitrógeno aprovechable para producir estos compuestos viene limitada sólo por la cantidad presente en la atmósfera.

En segundo lugar, los métodos sintéticos de proporcionar nitrógeno han jugado un papel importante en reducir el costo de este elemento, históricamente tan caro como Potasio o Fósforo. Además, los procesos sintéticos han utilizado una gran variedad de materiales en cantidades bastante grandes para hacer práctico su uso. Tal variedad no era posible cuando se dependía de los depósitos naturales.

Como resultado de estos y otros aspectos, los portadores sintéticos de nitrógeno están teniendo cada vez mayor importancia. Bastante más de las dos terceras parte de los fertilizantes nitrogenados usados hoy en Norteamérica son sintéticos (8).

La disponibilidad total del nitrógeno presente en los fertilizantes orgánicos es probablemente muy inferior a la mostrada por los inorgánicos, tales como el sulfato de amonio. Por otra parte, la conversión a nitrato en el suelo se extiende durante un período más largo, aunque en este caso depende en gran parte de la finura de disgregación mostrada por los fertilizantes orgánicos, así como de otros factores. El comercio de fertilizantes orgánicos

se caracteriza por su marcada concentración y se aplican en proporciones relativamente bajas por hectárea de terreno por lo que la cantidad de materia orgánica incorporada al suelo es muy pequeña. Por lo tanto, son principalmente valiosos por su contenido en alimento vegetal, pero son muy costosos en este aspecto cuando se les compara con los fertilizantes inorgánicos. Corrrientemente se aplican en los meses de Diciembre y Enero, es decir, algo más temprano que cuando se trata de fertilizantes inorgánicos.

Los fertilizantes nitrogenados inorgánicos contienen el nutriente vegetal nitrógeno (N) en una forma relativamente económica. Son sales simples, muy solubles en agua y rápidamente asimilables por la planta. Para los frutales se aplican por lo general a comienzos de la primavera, por ejemplo en el mes de Febrero (15).

2.3.4. Comparación de la Urea con otros fertilizantes nitrogenados.

Los compuestos fertilizantes nitrogenados se han utilizado durante varios años rociándolos sobre las hojas. El nitrato de sodio, el sulfato de amonio, el nitrato de potasio y la urea se han empleado en forma experimental pero solo la urea produce resultados satisfactorios. Los demás fertilizantes de nitrógeno o queman las hojas debido en parte a la concentración osmótica elevada de la solución rociadora.

La aplicación de urea al suelo crea una pequeña pérdida de calcio del suelo. La tendencia a producir efecto ácido es mucho más pequeña que la originada por el sulfato de amonio, el nitrato de amonio sulfatado y el nitrato de amonio, sobre la base de la misma cantidad de nitrógeno por acre. Por consiguiente, es menos ácido desde el punto de vista fisiológico que los fertilizantes nitrogenados comunes.

La urea es un fertilizante más económico por libra de nitrógeno que los fertilizantes de sulfato de amonio o de nitrato de amonio sulfatado.

Además, la urea es un fertilizante concentrado y por lo tanto, los costos de transporte y de almacenaje por unidad de N de la urea son bastante menores que aquellos de los fertilizantes de sulfato de amonio y otros nitrógenados sólidos.

Otra ventaja del empleo de la urea como fertilizante nitrogenado es que puede utilizarse como fertilizante rociado. Una solución de urea del 0.5 al 2.0% se ha empleado en varios cultivos como trigo, arroz, patata y fruta.

La urea es un fertilizante concentrado, por lo tanto, sus concentraciones más altas pueden dañar las raíces de las plantas si su distribución es desigual. Se aconseja que la urea se mezcle con cenizas o una cantidad pequeña de tierra para facilitar una distribución pareja, a fin de evitarles un peligro o lesión a las plantas (38).

A diferencia del amoniaco anhidro o sales amoniacas, la urea no puede ser utilizada por las plantas hasta que el nitrógeno que contiene es convertido por la enzima del suelo ureasa o amoniaco.

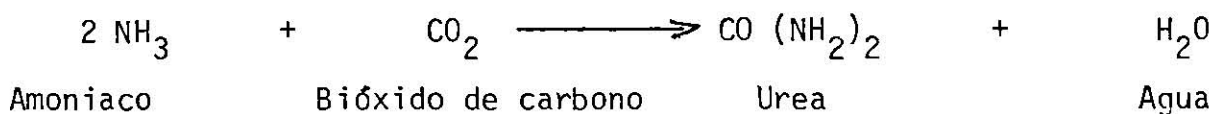
La urea es realmente soluble y lavable cuando se aplica al suelo, pero cuando es cambiado a amoniaco por la acción de la ureasa, es retenida como cationes intercambiables de amonio por las arcillas y el humus en forma realmente disponible para las plantas. Bajo condiciones favorables de temperaturas cálidas y humedad del suelo, la urea es hidrolizada a carbonato de amonio y luego por acción bilateral a nitrato, en menos de una semana (14).

La urea actúa de manera muy similar al del sulfato amónico, se emplea también en fertilización foliar y se le combina con pesticidas (4).

Es un fertilizante portador sintético, que contiene tres veces más nitrógeno que el nitrato sódico. Al hidrolizarse en el suelo, produce carbonato amónico $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 + 2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow (\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3$. Así, el efecto inmediato de este fertilizante es hacia la alcalinidad, a pesar de que su influencia residual tiende a bajar el pH del suelo. El carbonato amónico producido es ideal para una nitrificación rápida sobre todo si están presentes bases intercambiables en cantidades adecuadas. Su objeción más seria su alta deliquesencia, ha sido evitada recubriendo sus partículas con polvos secantes (8).

2.3.5. Composición química de la urea

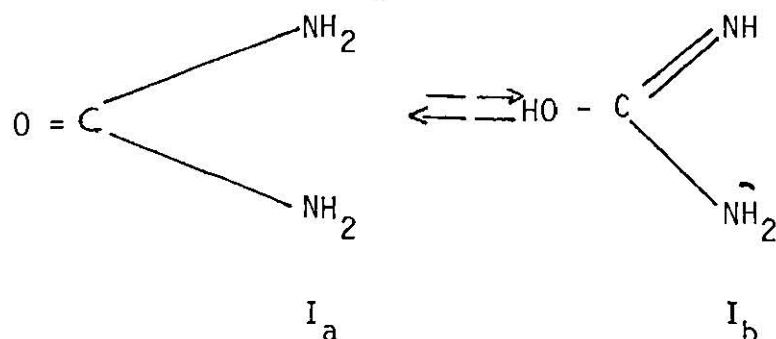
La urea $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ es una sustancia cristalina blanca que contiene 45% más o menos de N (la urea pura contiene 46.65% de N). Se elabora haciendo reaccionar el amoníaco anhidro con el gas de bióxido de carbono a muy baja presión. La reacción es:



La urea es completamente soluble en agua, pero es utilizada por los cultivos de campo y hortícolas comunes, después de la conversión, en gran parte en compuestos de amonio y de nitrato (38).

La urea tiene una molécula simple; sin embargo, en ciertos casos tiene un comportamiento químico (Formación de sales estables con ácidos inorgánicos fuertes, donde la urea se comporta como si fuese una base monoácida, des

composición a ácido ciánico con pérdida de amoníaco) que no puede explicarse por la fórmula de la carbamida, sino por la tautómero, solo aislable a través de los derivados de isourea (I_b):



Estudios recientes sobre la estructura de la urea han permitido averiguar la planaridad de la molécula, así como la equivalencia de los dos átomos de nitrógeno; además, la longitud del enlace C-N resulta más corta (1,37 Å) respecto a la existente en las aminas primarias (1,47 Å) (16).

2.3.6. Importancia de la humedad en la eficiencia de la fertilización.

La respuesta de la planta al fertilizante depende de la humedad del suelo. La toma de nutrientes depende del flujo de agua a las raíces y el crecimiento de las raíces a nuevas zonas del suelo el agua está disponible. Al reducir el agua disponible cercana al punto de marchitez, se reduce la velocidad de crecimiento radicular, lo que significa que menos raíces absorben nutrientes. Delgadas películas de agua o bajos contenidos de humedad del suelo, también reducen el flujo total de agua y se reduce el transporte de nutrientes a las raíces. Suelos arenosos con bajo contenido de humedad pueden perder los efectos de lubricación de las delgadas láminas de agua y mecánicamente entorpecer la penetración de la raíz por la rigidez de las partículas de arena.

Delgadas láminas de agua aumentan la extensión radicular y reducen la velocidad de disolución de los nutrientes para la absorción. La toma de nutrientes aumenta cuando el contenido de agua es cercano a la capacidad de campo, una razón muy importante para no dejar que los campos se sequen excesivamente (14).

La respuesta al fertilizante es mucho mayor con riego adecuado y la ganancia sobre la inversión en riego es mejor y más completa cuando se eleva el estado de nutrimentos del suelo mediante la agregación de fertilizantes.

El empleo combinado de fertilizantes y agua de riego produce una respuesta mejor y, por consiguiente, una economía de agua por unidad del cultivo producido (38).

Si el suelo recibe agua en exceso, el poder de las raíces para absorber los nutrientes queda muy disminuido a causa de la falta de oxígeno (20).

Cuando la humedad se reduce de la superficie del suelo y de la zona de las raíces, las pérdidas por evaporación disminuyen. La planta responde a la deficiencia de humedad cerrando los estomas foliares y, al fin con la marchitez. En el suelo, la capilaridad rellenará parcialmente la humedad perdida por evaporación de la superficie. Con el tiempo, no obstante, la tasa de pérdidas por evaporación y la toma por las plantas agotarán al suelo superficial. La capilaridad, para los niveles superiores, serán entonces demasiado baja para tener mucha importancia práctica. Bajo estas condiciones se producirá algún cambio de humedad para pasar a la fase de vapor desde los horizontes inferiores (8).

2.3.7. Forma de aplicación de los fertilizantes

Tres sistemas podemos distinguir en la aplicación de fertilizante al suelo: esparcido al voleo, siendo enterrado seguidamente mediante arado de discos, de vertedera, etc.; localización en una banda lateral; localización junto con la semilla, ya sea mezclado, pelletizado o pulverizado sobre ella.

La elección del modo de aplicación depende de un gran número de factores de los que fundamentalmente distinguiremos uno o la cantidad de nutrientes requerida.

La idea de incrementar la eficacia del fertilizante aplicado ha llevado a la localización de los abonos en posiciones cercanas al sistema radicular a fin de disminuir la fijación de nutrientes por el suelo y, además aumentar el porcentaje que de ellos interceptan las raíces. Sin embargo, la proximidad del fertilizante aumenta la fitotoxicidad y efecto que asimismo se incrementa al emplearse mayores cantidades de abonos. Esta fitotoxicidad se muestra en el retraso de la nacencia, así como en el aumento del porcentaje de marras que en ésta se produce, además de las perturbaciones que se causan en el desarrollo de las raíces (5 y 20).

La Urea al aplicarse en surcos debe taparse inmediatamente, ya que con la humedad ambiental fácilmente forma amoniaco que es muy volátil, es decir, perdemos el fertilizante.

Para ello, una cosa primordial que se debe siempre tomar en cuenta con respecto a la fertilización es saber que tipo, calidad y lo más importante saber la forma de aplicar los fertilizantes, según los suelos (24).

Particularmente en suelos arenosos y con grandes aplicaciones de Nitrógeno soluble hay peligro de daño en las plántulas, que las quema la "sal"

(los nutrientes solubles son sales).

La colocación de tiras, ha sido recomendado en Illinois. En vez de esparcir el fertilizante sobre todo el campo, es colocado en pequeñas tiras que la concentran a lo largo del surco, éste es más concentrado que al voleo pero no tan denso y localizado como en banda. La aplicación en tiras más anchas exige un desarrollo más extenso de las raíces que en banda, pero se tiene menos pérdidas por fijación que al voleo.

Otra forma de aplicación de los fertilizantes son las aspersiones que se han utilizado por muchos años para aplicar fertilizantes al follaje. Los nutrientes de estas aspersiones foliares se mueven dentro de la planta a través de los estomas de las hojas y parte de la epidermis (capas externas de células). Una dificultad para utilizar aspersiones foliares es que la translocación dentro de la planta, del nutriente aplicado, se puede demostrar.

Aplicar fertilizantes en agua de riego es una vieja práctica. Hace muchos años los agricultores corrían el agua de riego sobre pilas de estiércol colocadas en zanjones o en huecos. Ahora, algunos fertilizantes sólidos son medidos en el agua. Este método puede, algunas veces no dar una distribución uniforme. Permite fertilización durante el crecimiento cuando los equipos (tractores) no pueden atravesar los campos por plantas altas, vegetación muy esparcida o surcos muy angostos.

El uso de agua de riego para aplicar nutrientes, permite la adición de fertilizantes cuando la planta se puede beneficiar más de ellos. Si la necesidad y condiciones indican que más fertilizante puede ser benéfico, puede ser aplicado inmediata y convencionalmente.

La fertilización en el agua de riego no tiene peligros de quema por los residuos de sal en las hojas (14).

2.3.8. Epocas de aplicación de fertilizantes

La práctica de la fertilización, según se requiera, puede realizarse antes de la siembra, en el momento de la siembra, o después de la misma. De acuerdo con diferentes investigaciones, se ha encontrado en maíz los mejores resultados al aplicar en el momento de la siembra parte del Nitrógeno, todo el Fósforo y todo el Potasio de la dosis fertilizante; posteriormente, en la segunda labor de cultivo el resto de Nitrógeno por ser este elemento el que menos se fija o conserva en el terreno y para un mejor aprovechamiento por planta es recomendable fraccionar su aplicación (29).

Los nutrientes en los fertilizantes son asimilables o solubles en agua y por lo tanto, es probable que reaccionen con el suelo y lleguen a ser inasimilables o que se laven de la zona radicular. El Nitrógeno en forma de nitratos es muy soluble y móvil en los suelos y está sujeto a lavado. En efecto, el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados puede contaminar el agua subterránea. El Fósforo, por el contrario, es muy inmóvil en los suelos. Los iones fosfato reaccionan con otros iones en la solución del suelo para formar compuestos insolubles, inasimilables. El Potasio es intermedio porque se absorbe como de "intercambio", lo cual limita su movilidad, pero el Potasio permanece asimilable para las plantas. Por estas razones, los fertilizantes son más efectivos si se aplican cerca del tiempo en que las necesidades de las plantas son mayores. Esto no es siempre práctico, puesto que las condiciones del suelo, la disponibilidad de mano de obra y otros factores afectan la época de aplicación de fertilizantes (19).

2.4. El cultivo del maíz

2.4.1. Importancia.

Importancia nacional y mundial.

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 alrededor del 51% del área total que se encuentra bajo cultivo. En América, el maíz llegó a constituir el cultivo fundamental para los primeros colonizadores, tal como lo era para los pueblos indígenas. Desempeñó un papel esencial en el desarrollo del Continente Americano y constituye en la actualidad el cultivo anual más valioso de los Estados Unidos de América, ocupando casi una cuarta parte de la tierra cultivada. En este país, su valor económico se calcula en más o menos el doble de la cosecha que le sigue en importancia, que es el trigo.

Respecto a la producción mundial por especies cultivadas, el maíz ocupa el tercer lugar, con una superficie total de 105;142,000 ha y un rendimiento total de 214;760,000 ton de maíz en grano. Esto de por sí explica la gran importancia del conocimiento y aplicación de las mejores técnicas de cultivo para la obtención de máximos rendimientos y óptima calidad.

La gran expansión de este cultivo se debe en gran parte a que es una especie vegetal con una gran área de adaptación bajo diversas condiciones ecológicas y edáficas como lo demuestra el hecho de cultivarse desde Canadá hasta Argentina, o sea, prácticamente en todos los países de América.

El maíz tiene amplio aprovechamiento en el consumo humano y animal, así como en la industria. Se le puede explotar para uno u otro aspecto, o en varias, en forma de producto principal y subproductos.

La superficie dedicada al cultivo del maíz en México, es ocho veces mayor que la que se destina al cultivo del trigo y hay 40 veces más productores de maíz que de trigo.

En el ciclo agrícola 1964-1965, fueron sembradas 7;720,000 ha, con una producción de 8;450,000 ton, en 1968-69, se dedicaron al cultivo del maíz 7;200,000 ha y se obtuvo una producción de 8;000,000 ton. ¿A qué se debe la baja producción por unidad de superficie?. Existen dos factores principales: uno, que el 90% del área que se siembra con maíz se realiza de temporal y su éxito depende de las condiciones del mismo, el otro, por la deficiente tecnificación de las prácticas de cultivo, el poco uso de fertilizantes y la falta de híbridos y/o de variedades mejoradas para la gran diversidad de condiciones ecológicas que existen en las diferentes regiones donde se realiza este cultivo (30).

2.4.2. Importancia de los fertilizantes en el aumento en rendimiento de maíz.

Para obtener altos rendimientos de maíz, hay que fertilizar el terreno, pero ante todo tener materia orgánica, y ésta se le agrega con un abono verde, o con la aplicación de estiércol a razón de 30 ton/ha (13).

La necesidad tanto de elementos mayores como de menores es diferente según las regiones agrícolas y aún dentro de una misma región existen diferencias en el contenido de nutrientes del suelo. Existen casos tan extremos, en la heterogeneidad de los suelos que en pocos metros pueden detectarse diferencias. Por otra parte, no todas las especies cultivadas requieren las mismas cantidades de los diversos elementos fertilizantes (30).

Un aumento de la fertilización nitrogenada incrementa el rango de cre

cimiento del tallo en estado vegetativo, así como el peso del pecíolo, tanto en estado vegetativo como maduro; también incrementa la concentración de Nitrógeno en el pecíolo y disminuye la humedad, K, P y Ca. Desde luego, la acumulación foliar del Nitrógeno absorbido es menor que la del Potasio, pero mayor que la del Fósforo. En estos casos, se observan en algunas partes de la planta efectos cuadráticos y otros de tipo lineal (24).

2.4.3. La fertilización nitrogenada en el incremento de grano.

Para una máxima producción y traslocación de los productos fotosintéticos al grano, las hojas deberán de mantenerse en un estado funcional por el período más largo posible. Eventualmente aproximadamente dos tercios del total del Nitrógeno absorbido será acumulado en el grano en la maduración.

Una planta de maíz usa el Nitrógeno a través de su período de crecimiento, pero después de su inicio, la absorción de Nitrógeno empieza a incrementarse muy rápidamente, después requiere alrededor de tres semanas para mostrar el resultado, hasta alcanzar un máximo durante el período de alrededor de 10 días antes hasta 25 y 35 días después del estado de campanilla.

El Nitrógeno incrementa el tamaño y el número de elotes por planta. El Nitrógeno no solo incrementa la cosecha, sino también aumenta el contenido de proteína del grano, lo cual significa un alto valor alimenticio para los rumiantes. Este podría sin embargo, no incrementar los aminoácidos particularmente que usualmente limitan el valor alimenticio del maíz para los rumiantes (12).

Como los fenómenos de síntesis tienen lugar en las hojas, es donde se produce el rendimiento. Una buena vegetación hace preveer una intensa actividad asimiladora, es decir, un crecimiento activo y una cosecha grande.

Por ello, el Nitrógeno es el factor que determina los rendimientos (35).

En las siembras de maíz y sorgo en la zona de riego del Noreste de Tamaulipas, se obtuvieron incrementos significativos en los rendimientos de grano, mediante la aplicación de fertilizante nitrogenado solamente, o nitrogenado o fosfatado. En los resultados, se observó que en los terrenos localizados fuera de la zona de respuesta al Fósforo, es posible obtener 5.0 o más ton/ha de grano mediante la aplicación de 60 y 120 kg/ha de Nitrógeno.

La cantidad de Nitrógeno que produce los mejores rendimientos, depende de los antecedentes del terreno, el manejo a la que se sometió, oportunidad en aplicación de los riegos y el ambiente. No se observó respuesta a fertilización nitrogenada en terrenos que en años anteriores se han sobrefertilizado (10).

2.4.4. Fertilización nitrogenada en maíz (Zea mays L.)

Mora en un trabajo en el que evaluó cuatro niveles de Nitrógeno (0, 50, 100 y 150 kg/ha) uno de Fósforo (40 kg/ha) y tres tiempos de aplicación (1/3 - 2/3; 1/2, 1/2y 1/3-1/3-1/3), 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. O sea, 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 de los niveles de Nitrógeno aplicado al suelo (27).

Corral realizó un trabajo en maíz en los ciclos temprano y tardío en General Escobedo, N.L., probó cuatro niveles de Nitrógeno (0, 50, 100 y 150 kg de N/ha), tres de Fósforo (0, 40 y 80 kg/ha) y dos 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 el tardío, otra de las razones es 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 (11).

Sada en un trabajo en el que estudió tres niveles de Nitrógeno (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 de materia seca y el mejor nivel fue el de 160 kg de N/ha con una producción de 14,339 kg/ha, el nivel superior no produjo nuevos incrementos y en algunos casos hizo disminuir los rendimientos (4).

Garza realizó un estudio en la zona de Cadereyta Jiménez, N.L. probando 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 con 40 kg/ha, se observó aumentos en el rendimiento altamente significativas hasta el nivel de 80 kg/ha de N. Al aumentar las aplicaciones de Fósforo y mantener las cantidades de Nitrógeno aplicado en 80 kg/ha, los aumentos fueron significativos, solo al aplicar 120 kg/ha de Fósforo (21).

Bejerano realizó un estudio en Chapingo, México sobre diferentes dosis (0, 80, 160, 240 y 320 kg/ha de N) y su fraccionamiento en cuatro partes en la aplicación sobre el desarrollo y rendimiento del maíz y los resultados obtenidos son los siguientes: las diferentes dosis y fraccionamiento del Nitrógeno tuvieron influencia sobre la eficiencia de absorción del Nitrógeno por la planta, disminuye a medida que la dosis aumenta, los rendimientos estuvieron influenciados con la dosis y su fraccionamiento del Nitrógeno absorbido hasta floración.

El rendimiento en mazorca en ton/ha, se incremento hasta cierto límite con el aumento de Nitrógeno aplicado, el efecto de las fracciones de las dosis del 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/ha de N) 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 (8).

Almaguer en 1973, realizó un trabajo en la zona del municipio de Apodaca, N.L. en el cual se probaron cuatro niveles de Nitrógeno (0, 50, 100 y 150 kg/ha de N), cuatro de Fósforo (0, 50, 100 y 150 kg/ha de P_2O_5), los resultados obtenidos no fueron estadísticamente significativos, pero se tuvieron incrementos en el rendimiento de maíz en mazorca y en el porcentaje de proteína en el grano (3).

2.5. Fertilización nitrogenada en otros cultivos

Villarreal realizó un estudio en General Bravo, N.L. sobre el cultivo

del sorgo, evaluando cinco niveles de Nitrogeno (0, 40, 80, 120 y 160 kg de N/ha) y cinco niveles de Fósforo (0, 30, 60, 90 y 120 kg/ha), encontró en los rendimientos de grano diferencias estadísticamente no significativas, atribuyendo la posible causa de la no respuesta a la fertilización a la pérdida de Nitrógeno por volatilización por las temperaturas que prevalecieron durante su experimento y de Fósforo por fijación al reaccionar en suelos alcalinos con Calcio (40).

Brambila en 1976 realizó su trabajo en Cd. Anáhuac, N.L. sobre sorgo de grano, determinó que el mayor rendimiento (5,873 ton/ha), lo obtuvo aplicando 150.625 kg de N/ha. El nivel óptimo económico fue de 118.20 kg de N/ha (7).

La SARH 1980, recomienda para la zona norte del estado de Nuevo León, aplicar la fórmula 100-50-00, aplicando al momento de la siembra todo el Fósforo y 40 kg/ha de N, posteriormente y antes del segundo riego de auxilio (50 días de nacida la planta aproximadamente) aplicar el resto del Nitrógeno (60 kg/ha) (34).

Lucio 1982, en su análisis de la producción de maíz y sorgo, recomienda usar la fórmula 120-60-00 kg/ha para la zona centro del estado de Nuevo León, utilizando 130 kg/ha de la fórmula 18-46-00, aplicados al voleo antes de la siembra y 210 kg/ha de urea aplicados en bandas antes de la floración (26).

Serna 1973, en su trabajo realizado en Apodaca, N.L. sobre sorgo escobero encontró que cuando se hicieron las aplicaciones de Nitrógeno de 0 a 150 kg/ha, acompañados con 80 kg /ha de Fósforo, se notó un incremento de 500 kg/ha de grano con la aplicación de 50 kg/ha de Nitrógeno, tomando en

cuenta todo lo anterior, y aunque no hubo diferencias estadísticas significativas, se pudo concluir que combinando 50kg/ha de Nitrógeno con 40 kg/ha de Fósforo, se puede aumentar los rendimientos (36).

Sánchez 1974, en su estudio realizado en el Rancho "La Sandía", municipio de Vallecillo, N.L. en el cultivo de sorgo para grano, probó cuatro niveles de Nitrógeno (0, 50, 100 y 150 kg/ha) y cuatro niveles de Fósforo (0, 40, 80, 120 kg/ha) encontrando diferencias estadísticas no significativas y observó que tanto el Nitrógeno como el Fósforo aplicados solos no incrementaron la producción de grano (33).

Zuñiga 1988, en su experimento realizado en Marín, N.L. en el cultivo del chile serrano, probó el efecto de diferentes niveles de fertilización en la producción de fruto y semilla del citado cultivo, encontrándose los siguientes resultados:

Rendimiento de fruto.

La respuesta de los tratamientos para esta variable es la siguiente: la tendencia fue aumentar los rendimientos totales promedios al incrementarse los niveles de Nitrógeno y Fósforo hasta 160 y 120 kg/ha (Trat. 6), el rendimiento de fruto disminuyó cuando el nivel alto de un elemento se combinó con un nivel medio del otro y viceversa (Tratamientos 7 y 8). Puede deducirse también que independientemente del tratamiento, el corte dos produjo los más altos rendimientos, el corte uno, los intermedios y el corte tres los más bajos.

Rendimiento de semilla.

La respuesta de los tratamientos para esta variable es la siguiente: el rendimiento total promedio de semilla se incrementó a medida que los ni-

veles de Nitrógeno y Fósforo aumentaron hasta 160 y 120 kg/ha (Trat. 6) respectivamente, una vez alcanzado estos niveles, el rendimiento de semilla disminuyó cuando el nivel alto de un elemento se combinó con un nivel medio del otro y viceversa (Tratamientos 7 y 8).

Igual a lo acontecido con el rendimiento del fruto, el mayor rendimiento de semilla se obtuvo con el segundo corte, siendo ascendente hasta el Tratamiento 7 (240-120). Para el primer corte el rendimiento fue en general ascendente hasta el tratamiento 5 (80-120), para luego disminuir progresivamente hasta el tratamiento 8, es decir, con la combinación de los niveles medios y altos de ambos elementos. Para el tercer corte, la respuesta de los tratamientos a esta variable no mostró una tendencia definida; sin embargo, el valor más alto se obtuvo con el tratamiento 6 (160-120).

Especificación: La relación de los tratamientos del experimento anterior, con sus respectivas dosis de fertilizante utilizado en el experimento son:

Tratamiento	D o s i s	
	N	P ₂ O ₅
1	80	0
2	0	60
3	80	60
4	160	60
5	80	120
6	160	120
7	240	120
8	160	180

III. MATERIALES Y METODOS

3.1. Localización geográfica

El presente experimento fue realizado en el ciclo temprano (Primavera -Verano de 1987) en el Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, localizado en el Km 17 de la Carretera Zuazua-Marín en Marín, N.L., con coordenadas geográficas que son de 25°53' Latitud Norte y 100°03' Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich, situado a una altura de 367 msnm.

3.2. Clima de la región

El clima de la región predominante es el BS, que corresponde a seco y extremoso de tipo estepario, donde la temperatura se eleva a más de 40°C en el verano y desciende a menos de 8°C bajo cero durante el invierno. La temperatura promedio anual es de 21 a 24°C y la precipitación anual es aproximadamente de 250 a 300 mm. Mediante el presente estudio se pretendió determinar la respuesta a la aplicación de fertilizante nitrogenado (Urea), y su tiempo de aplicación en la variedad de maíz Ranchero de riego, por lo que respecta a su rendimiento de grano.

3.3. Propiedades físicas y químicas del suelo y subsuelo

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 en forma separada en el Laboratorio de Suelos de la FAUANL. Los resultados de estos análisis se muestran en el Cuadro 3. La textura se determinó por el método del hidrómetro de Boyoucos; el pH mediante un potenciómetro,

la materia orgánica por el método de Walkley and Black, el Fósforo por el método de Olsen y el Potasio por el método de Morgan, el Nitrógeno total por medio de la relación de C/N; la conductividad eléctrica por medio del puente de Wheatstone y por último, el color se determinó utilizando la carta de Munssen.

Cuadro 3. Propiedades físicas y químicas del suelo y subsuelo donde se desarrolló el experimento.

Determinación	Suelo (0-30 cm)		Subsuelo (30-60 cm)	
	Valores	Clas. Agr.	Valores	Clas. Agr.
Color	Seco Húmedo	Gris claro Café amarillento	Seco Húmedo	Café pálido Café
pH	7.7	Ligeramente alcalino	7.8	Ligeramente alcalino
Textura:				
Arena %	43		42	
Limo %	12	Arcilloso	12	Arcilloso
Arcilla %	45		46	
Materia orgánica %	2.9	Medianamente rico	2.8	Medianamente rico
Conductividad eléctrica	0.3 ohms	No salino, prosperan todos los cultivos	0.5 ohms	No salino, prosperan todos los cultivos
Nitrógeno total %	.15	Mediano	.14	Mediano
Fósforo aprov. (ppm)	8.19	Alto	4.17	Bajo
Potasio aprov. (kg/ha)	334	Muy rico	173	Medianamente pobre.

El suelo del terreno donde se realizó el experimento tenía un color (en seco) gris claro, el suelo y el subsuelo del lote tenían un pH ligeramente alcalino, el suelo tenía una textura arcillosa y el subsuelo de igual

forma, un contenido medianamente pobre de materia orgánica y un contenido mediano de Nitrógeno, en el lote el contenido de Fósforo del suelo fue alto mientras que el del subsuelo fue bajo, el Potasio fue muy rico en el suelo y el subsuelo fue medianamente pobre.

Las condiciones de precipitación pluvial y temperaturas que prevalecieron durante el período en el que se desarrolló el experimento, se presentan en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Datos climatológicos registrados durante el desarrollo del experimento desde la siembra a la cosecha.

M e s	Temperatura (°C)			Precip. (mm)		Evaporación (mm)	
	Mín.	Máx.	\bar{X}	\bar{X} Men.	Total	\bar{X} Men.	Total
Marzo	-2.0	31.0	16.1	0.45	13.8	4.54	140.96
Abril	1.0	42.5	20.5	0.42	12.6	6.10	185.63
Mayo	7.0	37.5	25.0	1.64	50.9	6.33	196.49
Junio	16.0	36.5	27.0	5.09	152.8	10.80	324.00
Julio	19.5	37.5	28.0	2.37	73.7	8.11	251.60

La variedad de maíz utilizada fue Ranchero, proporcionada por el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la FAUANL.

3.4. Materiales

Los materiales que se utilizaron fueron los requeridos para realizar las prácticas culturales normales del cultivo y algunas otras previas a la cosecha, como lo son la preparación del terreno, siembra, fertilización, riego, aporques y cosecha.

A continuación se enlistan los materiales utilizados en el presente trabajo:

- Implementos agrícolas
- Estacas
- Cinta métrica
- Cordel
- Cal
- Vernier
- Balanza de reloj
- Etiquetas enceradas y crayones
- Palas
- Azadón
- Libro de campo, para la toma de datos
- Fertilizante nitrogenado (Urea 45%M)

Estos se utilizaron para la identificación de los tratamientos y llevar a cabo la toma de datos.

3.5. Métodos

El diseño experimental empleado fue un bloques al azar con un arreglo de tratamiento en parcelas divididas en cuatro repeticiones, colocándose los tratamientos al azar. A la parcela grande se le asignó las épocas de aplicación del Nitrógeno, mientras que en la parcela chica se le asignaron las dosis de Nitrógeno.

El modelo estadístico utilizado en el experimento fue el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + P_i + A_j + S_{ij} + B_k + (AB)_{jk} + E_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la observación de la k-ésima subparcela de la j-ésima parcela grande del i-ésimo bloque o repetición.

- μ = Es la media general
 P_i = Es el efecto del i -ésimo bloque
 S_{ij} = Es el error experimental de la ij -ésima parcela grande
 A_j = Es el efecto del j -ésimo nivel del factor que va asignado a parcela grande.
 B_k = Es el efecto del k -ésimo nivel del factor que va asignado a parcela chica
 $(AB)_{jk}$ = Es el efecto del nivel j del factor que va en parcela grande y el nivel k del factor de parcela chica.
 E_{ijk} = Es el error experimental de la ijk -ésima subparcela

3.6. Especificaciones del Experimento

El croquis del experimento, así como la distribución de tratamientos y dimensiones de las parcelas aparecen en la Figura 1 del Apéndice. La distancia entre surcos fue de 0.92 m y entre plantas de 0.25 m.

Las parcelas grandes constaron de tres parcelas chicas (12 surcos), con dimensiones de 8 m por 11.04 m, dando una área total de 88.32 m².

Como parcelas chicas se emplearon cuatro surcos con dimensiones de 8 m por 3.68 m, para una área total de 29.44 m². De los cuatro surcos de cada parcela chica, los dos surcos centrales fueron los que formaron la parcela útil, en los cuales se eliminó un metro en cada cabecera para evitar el efecto de bordo, la distancia entre repeticiones fue de 1 m y entre parcelas grandes fue de 2.76 m, el número de parcelas grandes fue de tres por repetición, el número de parcelas chicas por repetición fue de nueve, dando un total de 36 parcelas chicas en las cuatro repeticiones.

Para la regadera se dejó una distancia de 3 m y en cada extremo del experimento se dejó un surco de protección.

Las dimensiones del terreno fueron las siguientes: 38.64 m x 35 m, originando una área total de 1352.40 m².

3.7. Tratamientos utilizados

Parcela grande	Parcela chica
Epoca de Aplicación	Dosis de fertilización
A = En la siembra	1 = 0 kg de N/ha
B = 40 días después de la siembra	2 = 150 kg de N/ha
C = época de floración	3 = 200 kg de N/ha

No. de Trat.	Tratamiento
1	A1 (en la siembra con 0 kg de N/ha)
2	A2 (en la siembra con 150 kg de N/ha)
3	A3 (en la siembra con 200 kg de N/ha)
4	B1 (40 días después de la siembra con 0 kg de N/ha)
5	B2 (40 días después de la siembra con 150 kg de N/ha)
6	B3 (40 días después de la siembra con 200 kg de N/ha)
7	C1 (época de floración con 0 kg de N/ha)
8	C2 (época de floración con 150 kg de N/ha)
9	C3 (época de floración con 200 kg de N/ha)

3.8. Variables tomadas antes de la cosecha

Durante el desarrollo del cultivo se tomaron 20 plantas con competencia completa, a las cuales se les tomaron las siguientes variables:

Altura de planta. Se tomaron las lecturas desde la base de la planta, hasta la base de la espiga.

Altura de mazorca. Se tomaron desde la base de la planta hasta donde se encontraba insertada la mazorca.

Número de hojas arriba de mazorca. Se contaron todas las hojas que había desde el nudo de la mazorca superior hacia arriba.

Número de hojas abajo de mazorca. Se contaron todas las hojas que había desde el nudo de la mazorca superior hacia abajo.

Largo de hoja de mazorca. Se midió desde el origen del nudo de la mazorca hasta el ápice.

Ancho de hoja de mazorca. Se tomaron las lecturas de la misma hoja en que se medía el largo y la lectura se hacía a un tercio de longitud de la hoja a partir de la lígula.

Diámetro del tallo. Se tomó la lectura a una altura de 10 cm de la base del tallo.

Días a floración masculina. Expresada como los días transcurridos entre la fecha de siembra y el 50% de la antesis.

Días a floración femenina. Expresada como los días transcurridos entre la fecha de siembra y el 50% de las plantas de la parcela mostrando los estigmas emergidos.

Cosecha. Se tomaron 20 plantas con competencia completa de cada parcela útil.

3.9. Variables estudiadas después de la cosecha

Peso de la mazorca. Se realizó con una balanza analítica pesando cada una de las mazorcas de la muestra.

Longitud de mazorca. Se midió la distancia desde la base de la mazorca hasta la punta de la misma.

Diámetro de mazorca. Se midieron las mazorcas con un Vernier en cm en su parte media.

Número de hileras por mazorca. Se contaron todas las hileras de cada una de las mazorcas de la muestra.

Número de granos por hilera. Se tomó una hilera representativa al azar de cada una de las 20 mazorcas y se contaron el número de granos.

Peso de grano por mazorca. El peso de grano se llevó a cabo con una balanza analítica para cada una de las muestras.

Rendimiento de grano. Se determinó el peso de grano de las 20 plantas tomadas con competencia completa para posteriormente convertirla a kg/ha en base al área que ocuparon las 20 plantas.

3.10. Variables originadas

Relación diámetro-longitud de la mazorca. Esta variable es derivada de la división de diámetro de mazorca con longitud de mazorca.

Índice de posición de la mazorca. Derivada de altura de mazorca entre altura de planta.

Número de hojas totales. Derivada de la suma de número de hojas arriba de la mazorca con número de hojas abajo de mazorca.

Área foliar de la hoja de la mazorca. Es derivada de la siguiente operación (largo de hoja de mazorca x ancho de hoja de mazorca) x 0.75.

Índice de grano. Esta última variable originada es derivada de peso de grano por mazorca entre peso de la mazorca.

3.11. Variables transformadas por medio de la ecuación $(\sqrt{X + I})$

Esta transformación se lleva a cabo cuando la variable es conteo: Número de hojas arriba de mazorca, Número de hojas abajo de mazorca, número de hileras por mazorca, número de granos por hilera, días a floración masculina, días a floración femenina y número de hojas totales.

3.12. Análisis estadístico

Se utilizó un Diseño Bloques al Azar, con arreglo en parcelas divididas el análisis se realizó con el paquete estadístico SPSS del Centro de Informática de la FAUANL. Los análisis que se realizaron con el paquete estadístico SPSS son: Análisis de varianza (ANVA) y análisis de correlación.

Para la comparación de medias se utilizó el método DMS (Diferencia mínima significativa), utilizándose el 5% de nivel de significancia.

3.13. Desarrollo del experimento

Para la fertilización nitrogenada se utilizó Urea (46% de N) en dosis de 0, 150 y 200 kg /ha. Estas dosis se fraccionaron para su aplicación en diferentes épocas (en la siembra, 40 días después de la siembra y floración)

La primera fertilización fue llevada a cabo el 4 de marzo, esta se realizó en forma manual y a un lado del surco para posteriormente darle un riego el 7 de marzo. El día 8 de abril se realizó la segunda aplicación y

se efectuó también forma manual y a un lado del surgo y se regó el 9 de abril, para así evitar una probable volatilización, posteriormente el 4 de junio se realizó la tercera aplicación (floración), en esa misma fecha se llevó a cabo un riego para evitar probables problemas con pérdida por volatilización, esta aplicación se hizo igual a las anteriores. La floración masculina se presentó en el período del 25 de Mayo al 6 de Junio, presentándose la floración femenina del día 28 de mayo al 7 de junio.

El total de riegos que se dió al experimento, fueron cinco más el riego de asiento (Cuadro 5).

Cuadro 5. Registro del número total de riegos llevados a cabo en el experimento.

Riegos	Fecha
Riego de asiento y fertilización	7/ III/87
Riego de auxilio	21/ III/87
Riego de fertilización	9 /IV /87
Riego de auxilio	25/IV /87
Riego de auxilio	4 / V /87
Riego de fertilización	4 /VI /87.

Para la preparación del terreno se efectuaron las labores agrícolas usuales, tales como el barbecho, rastreo, cruza, etc., posteriormente se llevó a cabo la surquería a 0.92 m y se trazaron las regaderas con un ancho de 1.6 m.

La siembra se llevó a cabo el día 4 de Marzo, el cual fue en seco y utilizando el método de mateado, depositando 2 semillas por punto en el fondo

del surco a una distancia aproximadamente de 5 cm una de otra, con una profundidad de 5 cm.

El día 18 de Marzo se observó en el experimento que había un 80% de emergencia, para facilitarla se llevó a cabo una labor de descoste en forma manual con el azadón y se observó una emergencia homogénea en todas las parcelas.

El día 7 de Abril se llevó a cabo un aclareo, dejando una planta por punto, a una distancia aproximadamente de 25 cm.

Para el control de malezas se llevó a cabo en forma manual con azadón los días 8 y 9 de Abril y al mismo tiempo se aporcaba. El aporque aparte de realizarse en forma manual, también se realizó un cultivo en forma mecánica el día 29 de Abril y éste se llevó a cabo con tractor y cultivadora.

Se realizaron inspecciones de campo durante el desarrollo del cultivo con el fin de detectar posibles plagas, se detectaron plagas como trips (Frankliniella occidentalis), para su debido control se realizaron dos aplicaciones. La primera fue llevada a cabo el día 25 de Marzo, el producto utilizado fue Malathión 1000, a una dosis de 1 lt/ha. La segunda se realizó el 1 de Abril, el producto utilizado fue Folimat 1200 a una dosis de 1 lt/ha, las dos aplicaciones fueron realizadas con mochila aspersora en forma manual.

La cosecha se llevó a cabo el 22 de Julio y se hizo en forma manual, cortando las mazorcas de 20 plantas por parcela útil y colocándolas en costales de papel para posteriormente llevarlas al almacén para sus respectivas tomas de datos.

IV. RESULTADOS

De acuerdo a las hipótesis planteadas en el experimento, se encontró que existe diferencia significativa para la minoría de las variables en estudio (diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca e índice de grano).

El Resumen del A.N.V.A. del experimento para dichas variables, así como para las que no resultaron significativas se presentan en el Cuadro 8 del Apéndice.

En el presente experimento se tomaron en cuenta los siguientes factores: épocas de aplicación y dosis de fertilización, así como su respectiva interacción épocas con dosis para cada una de las variables en cuestión.

A continuación se presentan los resultados para cada una de las variables que resultaron significativas.

Diámetro de mazorca

Para esta variable se encontró significancia para el factor dosis de fertilización e interacción épocas de aplicación con dosis de fertilización, sin embargo, el factor épocas de aplicación resultó no significativo.

Al realizar la comparación de medias para el factor dosis de fertilización, se encontró que la mejor dosis fue la de 200 kg de N/ha, ya que obtuvo el promedio más alto con 3.99 cm, difiriendo significativamente con la dosis de 150 kg de N/ha, obteniendo ésta el promedio más bajo con 3.91 cm (Cuadro 11 del Apéndice).

Para la interacción épocas de aplicación con dosis de fertilización,

el mejor tratamiento fue la combinación 200 kg de N/ha aplicados 40 días después de la siembra con un promedio máximo de 4.09 cm, difiriendo significativamente con la combinación 150 kg de N/ha aplicados 40 días después de la siembra, resultando ser el promedio más bajo con 3.88 cm (Cuadro 12 del Apéndice).

A continuación se va a desglosar la interacción anterior, para determinar respectivamente la mejor época de aplicación para una dosis fija y la mejor dosis para una época fija (Cuadro 12 del Apéndice).

Mejor época de aplicación para una dosis fija.

Al llevar a cabo la comparación de medias se encontró para esta variable (diámetro de mazorca) que la mejor época de aplicación para una dosis de fertilización fija de 150 kg de N/ha fue la de floración, ya que obtuvo el promedio más alto con 3.96 cm, difiriendo significativamente con la época de aplicación a 40 días después de la siembra, ya que ésta obtuvo el promedio más bajo con 3.88 cm; sin embargo, la mejor época de aplicación para una dosis de fertilización fija de 200 kg de N/ha fue la de 40 días después de la siembra, obteniendo el promedio más alto con 4.09 cm, difiriendo significativamente con las épocas de aplicación de floración y siembra, cuyos promedios fueron de 3.98 y 3.92 cm respectivamente, resultando estas últimas épocas de aplicación estadísticamente iguales.

Mejor dosis de fertilización para una época fija.

Las dosis de fertilización de 150 y 200 kg de N/ha para la época de aplicación en la siembra resultaron estadísticamente iguales con promedios de 3.89 y 3.92 cm respectivamente.

La mejor dosis de fertilización en la época de 40 días después de la siembra, resultó ser la dosis de 200 kg de N/ha con un promedio de 4.09 cm siendo superior significativamente a la dosis de 150 kg de N/ha cuyo diámetro promedio fue de 3.88 cm. Las dosis de fertilización de 150 y 200 Kg de N/ha en la época de aplicación de floración, resultaron estadísticamente iguales con promedios de 3.96 y 3.98 cm respectivamente (Cuadro 12 del Apéndice).

Número de hileras por mazorca

Para esta variable se encontró solamente significancia para el factor dosis de fertilización. Para el factor épocas de aplicación y para la interacción épocas de aplicación con dosis de fertilización no existió significancia.

Al llevar a cabo la comparación de medias por el factor dosis de fertilización, se encontró que las tres dosis (0, 150 y 200 kg de N/ha), difirieron significativamente entre ellas, ocupando el promedio máximo la dosis de fertilización de 200 kg de N/ha con 12.33 hileras, mientras que el promedio mínimo fue la dosis de fertilización de 0 kg de N/ha con 11.97 hileras respectivamente (Cuadro 13 del Apéndice).

Índice de grano

Para esta variable el factor que resultó significativo fue para épocas de aplicación, siendo no significativo el factor dosis y la interacción épocas de aplicación con dosis de fertilización.

Al realizar la comparación de medias para el factor épocas de aplicación, se encontró que la mejor época resultó ser la de 40 días después de

la siembra con un promedio máximo de 0.85, difiriendo significativamente con la época de siembra, ocupando ésta el promedio más bajo con 0.83 (Cuadro 14 del Apéndice).

4.1. Correlaciones

En el Cuadro 9 del Apéndice, se pueden observar los resultados que se obtuvieron en el análisis de correlación, el cual se realizó con el fin de conocer el grado de asociación que hay entre las variables consideradas. Estos resultados indican que la variable rendimiento de grano está correlacionado positiva y altamente significativa con las siguientes variables: altura de planta (A. de P.), altura de mazorca (A. de M.), número de hojas abajo de mazorca (N.de H.Ab. de M.), número de hojas arriba de mazorca (N.de H. Arr.de M.), largo de hoja de mazorca (L.de H. de M.), ancho de hoja de mazorca (A. de H. de M.), diámetro del tallo (D. del T.), peso de la mazorca (P. de la M.), longitud de la mazorca (L. de la M.), diámetro de mazorca (D. de M.), número de hileras por mazorca (N. de Hil. por M.), número de granos por hilera (N. de G. por Hil.), peso de grano por mazorca (P. de G. por M.), índice posición de la mazorca (I.P. de la M.), hojas totales (H.T.), área foliar de la hoja de la mazorca (A.F. de la H. de la M.) e índice de grano (I. de G.).

Las variables que estuvieron correlacionadas negativa y altamente significativa con rendimiento de grano fueron las siguientes: días a floración masculina (D. a F.M.) y días a floración femenina (D. a F.F.) y finalmente, la variable que resultó negativa y no significativa fue la de Relación diámetro -longitud de la mazorca (R.D.-L. de la M.).

V. DISCUSION

Los resultados del presente trabajo no reportaron diferencias significativas entre los tratamientos para la mayoría de las variables en estudio. Haciendo énfasis en la variable rendimiento de grano, algunos trabajos reportan resultados similares, como lo son el de Mora (27) y Alamguer (3), entre otros.

El hecho de que no exista respuesta a la fertilización sugiere algunos supuestos como lo son los que se citan a continuación.

- Pérdida de nitrógeno en el suelo
- Factores que afectan las aplicaciones de los fertilizantes
- Importancia de la humedad en la eficiencia de la fertilización
- No asimilación del nitrógeno por la planta.
- Características anteriores del suelo donde se estableció el experimento.
- Otros (lesiones a las plantas, cuestiones ambientales, etc.).

Sin embargo, para nuestro caso lo más cercano a dichos supuestos podría ser atribuida a la volatilización y desnitrificación.

Para el primer caso (volatilización), durante los días posteriores a la aplicación de Urea, existieron varias causas por las que el N pudo haberse volatilizado como son las siguientes:

- a). Temperaturas altas (Cuadro 4)
- b). Riegos a destiempo, como ocurrió durante la primera aplicación (4 de marzo), la cual fue al momento de la siembra y se regó tres días después (7 de marzo) existiendo en ese lapso de tiempo temperaturas máximas por mes de 31°C.

Respecto a lo anterior, Villarreal (40), en su estudio menciona que la posible causa de la no respuesta a la fertilización fue la pérdida de Nitrógeno por volatilización por las temperaturas que prevalecieron durante su experimento.

En cuanto a la desnitrificación, la bibliografía nos reporta que existen ciertas bacterias del género *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Micrococcus* y algunos *Bacillus* que llevan a cabo esta reducción biológica de los iones nitrito y nitrato del suelo hacia compuestos gaseosos del Nitrógeno, los cuales son aneróbicos y su eficiencia aumenta en suelos anegados o compactados, lo cual para nuestro caso en trabajo de campo se presentó lo siguiente:

El experimento se estableció en un terreno con pendiente acentuada, provocando con ello acumulaciones de agua en ciertas áreas cuando se hicieron los diferentes riegos, además de que se formaba una costra a los pocos días del riego, favoreciendo con ello la actividad de las supuestas bacterias.

En cuanto a la diferencia significativa en las variables diámetro de mazorca y número de hileras por mazorca (Cuadro 6 del Apéndice), León (24) menciona que los diferentes órganos de la planta son diferentes en cuanto a la absorción y aprovechamiento de ciertos elementos. Para nuestro caso, suponemos que la mazorca fue el órgano que aprovechó en mayor medida dicha fertilización.

Geus (12), apoya lo anterior, diciendo que eventualmente aproximadamente dos tercios del total del Nitrógeno absorbido será acumulado en el grano en la maduración y agrega que éste elemento incrementa el tamaño y el número de elotes por planta.

Respecto a la variable índice de grano, según los resultados se encontró diferencia significativa para el factor épocas de aplicación (Cuadro 8 del Apéndice).

En forma general, se puede deducir que la cantidad de Nitrógeno que produce los mejores rendimientos depende de los antecedentes del terreno, el manejo al que se sometió, a la oportunidad en la aplicación de los riegos y al ambiente.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Los rendimientos de grano y la mayoría de las variables estudiadas no mostraron diferencia significativa con los tratamientos probados en el experimento.
2. Se encontró diferencia significativa en las variables diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca e índice de grano.
3. Los rendimientos de maíz en grano no mostraron diferencia significativa; sin embargo, el que obtuvo el promedio mayor fue fertilizando con 200 kg de N/ha aplicados en 40 días después de la siembra (Cuadro 10 del Apéndice) con un rendimiento de 4360.87 kg/ha. El anterior tratamiento incrementó el rendimiento en 301.81 kg con respecto al testigo (4059.06 kg/ha).

Recomendaciones

1. Realizar trabajos o experimentos que cuantifiquen las pérdidas de Nitrógeno por volatilización con condiciones totalmente controladas (In vitro) al mismo tiempo que los experimentos de campo, con el fin de comparar los datos de campo e invernadero y así, obtener datos más reales.
2. Con el fin de determinar el efecto del fertilizante nitrogenado para rendimiento de forraje y elote para la zona y sus alrededores, se recomienda agregar a los experimentos futuros las variables antes mencionadas.
3. Evitar la formación de la costra del suelo con el fin de no favorecer

la actividad de ciertas bacterias que intervienen en el proceso de desnitrificación.

VII. RESUMEN

En base a que la mayoría de los suelos de la región son bajos en Nitrógeno, el cual origina los bajos rendimientos de maíz por hectárea, este experimento se planeó en terrenos del Campo Experimental de la Facultad de Agronomía de la UANL, ubicado en el municipio de Marín, N.L.

El experimento se basó en la aplicación de varias dosis de fertilizante nitrogenado y sus épocas de aplicación en el cultivo del maíz (Zea mays L.).

El diseño experimental usado fue el de Bloques al Azar, con arreglo en parcelas divididas con cuatro repeticiones, se probaron tres épocas de aplicación (al momento de la siembra, 40 días después de la siembra y floración) y tres dosis de fertilizante nitrogenado (0, 150 y 200 kg/ha).

A la parcela grande se le asignó las épocas de aplicación, mientras que a la parcela chica se le asignaron las diferentes dosis de fertilización.

La variedad de maíz utilizada fue Ranchero, proporcionada por el Proyecto de Mejoramiento de Maíz, Frijol y Sorgo de la FAUANL.

Para la fertilización se utilizó como fuente nitrogenada la Urea (45% de N).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el experimento, se observa que no hubo diferencia significativa para el rendimiento de grano en kg/ha, así como en otras variables estudiadas, siendo sin embargo, significativa para las variables diámetro de mazorca, número de hileras por mazorca e índice de grano.

La falta de significancia en la mayoría de las variables estudiadas, incluyendo rendimiento de grano, pueden ser debido principalmente a las altas temperaturas que se presentaron en casi todo su ciclo, provocando de esta manera posiblemente la pérdida de Nitrógeno por volatilización.

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

1. ADIFAL. 1988. La industria de los fertilizantes en el Ecuador; Volumen XI. Número 27.
2. ADIFAL. 1987. Por el avance de la industria de los fertilizantes y la soberanía alimentaria, Volumen IX. Número 23.
3. ALMAGUER GARZA, J.L. 1974. Influencias de la fertilización sobre el rendimiento y contenido de proteína en maíz (Zea mays L.) bajo riego en el municipio de Apodaca, N. L. Ing. Agr. F.A.U.A.N.L.
4. ANONIMO. 1977. Revista Bimestral de la Escuela Nacional de Agricultura, Nueva Epoca, Chapingo 7 y 8,
5. ANONIMO. 1970. Los nutrientes que el sorgo necesita en: Agricultura de las Américas. E.U.A.
6. BEJERANO, E.W., R. NUÑEZ. E. Y A. TURRENT. F. 1971. Memorias V Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Tomo II. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo.
7. BRAMBILA, T.F. 1976. Análisis económico de la producción de sorgo para grano bajo diferentes niveles de nitrógeno en Cd. Anáhuac, N. L. Tesis Profesional. ITESM.
8. BUCKMAN, H.O. Y N.C. BRADY. 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Montaner y Simón, S.A. Barcelona.
9. 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.
10. CENTRO DE INVESTIGACIONES AGRICOLAS DE TAMAULIPAS. 1969. Informe de labores. Río Bravo, Tamps.
11. CORRAL GARZA J. 1970. Fertilización del maíz de riego para grano en el municipio de Escobedo, N. L. Tesis Profesional. FAUANL.
12. DE GEUS, J.G. 1973. Fertilizer guide for the tropics and subtropics. 2a. Edición. Cente d' estude de L'azote. Zurich.

13. DIAZ DEL PINO ALFONSO. 1964. El Maíz Bartolome Trucco editor. 2a. Edición. México.
14. DONAHUE, R.L. Y SHCKLONA, J.C. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. Editorial Prentice/Hall International, Madrid, España.
15. EDE, R. et al. 1966. Suelos y abonos para frutales. Tr. Horacio Marco Moll. Editorial Acribia, Zaragoza, España.
16. ENCICLOPEDIA DE LA CIENCIA DE LA TECNICA. 1977. 4a. Edición. Ediciones DANAE, S.A. Barcelona, España.
17. FASSBENDER, W.H. 1984. Química de Suelos: con énfasis a suelos de América Latina. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura, San José, Costa Rica.
18. FERTILIZANTES MEXICANOS, S.A. Programa Nacional de Fertilización 1984-1988.
19. FOTH, D.H. 1975. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Compañía editorial Continental, S.A. México, D. F.
20. GANBOA A. 1980. Maíz. Fertilización-Rendimientos elevados. Boletín IIP No. 5. Instituto Internacional de la Potasa. Berna/Suiza.
21. GARZA GARZA, M.A. 1976. Fertilización nitrogenada y fosfórico en el cultivo del maíz de riego en la zona de Cadereyta Jiménez, N. L. Ing. Agr. F.A.U.A.N.L.
22. GROS, A.M. 1976. Abonos. Ediciones Mundi-Prensa. 6a. edición. Madrid, España.
23. HARDY, F. 1970. Edafología Tropical. Herrero Hermanos Sucesores, S.A. 1a. Edición, México.
24. LEON ARTETA R. 1984. Nueva Edafología. Grupo Editorial Gaceta, S.A. 1a. Edición, México.
25. LOPEZ, R.J. Y LOPEZ M.J. 1978. El diagnóstico del suelo y plantas, Mundi-Prensa. 3a. edición. Madrid, España.
26. LUCIO, H.J. 1982. Análisis de la producción de maíz y sorgo en el Estado de N. L. Trabajo práctico. Examen Profesional. F.A.U.A.N.L.

27. MORA CASTILLO M.A. 1982. Niveles de Fertilización nitrogenada y tiempos de aplicación, en el cultivo del maíz de riego para grano en el Municipio de Marín, N. L.
28. PINEDA, M.H. 1976. Efecto de niveles y frecuencia de aplicación de nitrógeno sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo del maíz en el Suroriente de Guatemala (Tesis Profesional).
29. ROBINSON, W.G. 1967. Los suelos. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España.
30. ROBLES, S.R. 1978. Producción de granos y forrajes. 2a. Edición. Editorial LIMUSA, México.
31. RUSSELL, E.J. Y E.W. RUSSELL. 1968. Las condiciones del suelo y el crecimiento de las plantas. 2a. Edición. Aguilar, S.A. de ediciones, Juan Bravo, Madrid.
32. RUSSELL, E.J. E.W. RUSSELL. 1959. Las condiciones del suelo y el desarrollo de las plantas. Tr. Gaspar González y Gzz. 2a. edición. Aguilar, Madrid, España.
33. SANCHEZ, S.H. 1974. Diferentes niveles de fertilización con nitrógeno y fósforo en el cultivo del sorgo para grano en el Rancho "La Sandía" del Municipio de Vallecillo, N.L. Tesis Profesional. F.A.U.A.N.L.
34. SARH. 1980. Para la zona norte del estado de Nuevo León.
35. SELKE, W. 1968. Los Abonos. Editorial Academia-León España.
36. SERNA, L.M. 1973. Fertilización nitrógeno-fosfórica en el cultivo del sorgo escobero en el Campo Agrícola de Apodaca, N.L. Tesis Profesional, ITESM.
37. STALLINGS, H.J. 1962. El suelo. 1a. edición. Compañía editorial Contiental, S.A. México, D.F.
38. THAMHANE, R.V. et al. 1978. Suelos: Su química y fertilidad en zonas tropicales. Editorial Diana. México.
39. TISDALE, S.L. Y W.L. NELSON. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. 1a. edición. Unión Tipográfica Hispanoamericana, México.

40. VILLARREAL, G.A. 1980. Fertilización nitrogenada-fosfórica en el cultivo del sorgo en el Municipio de Gral. Bravo, N. L. Tesis Profesional, F.A.U.A.N.L.
41. ZUÑIGA SALINAS A. 1988. "Efecto de diferentes niveles de fertilización en la producción de fruto y semilla de chile serrano (Capsicum annum L.) Var. Tampiqueño 74 en Marín, N. L. ciclo P-V, 1986".

A P E N D I C E

Cuadro 6. Equivalencia de simbología para las variables del experimento. Fertilización nitrogenada en la variedad Ranchero de maíz (Zea mays L.) ciclo P-V de 1987 en el municipio de Marín, N.L.

Variable	Simbología
Repetición	Rep.
Epoca de aplicación	E. de A.
Dosis de fertilización	D. de F.
Altura de planta	A. de P.
Altura de mazorca	A. de M.
Número de hojas arriba de mazorca*	N.de H.Arr.de M.
Número de hojas abajo de mazorca*	N.de H. Ab. de M.
Largo de hojas de mazorca	L. de H. de M.
Ancho de hoja de mazorca	A. de H. de M.
Diámetro de tallo	D. del T.
Peso de la mazorca	P. de la M.
Longitud de la mazorca	L. de la M.
Número de hileras por mazorca*	N. de Hil. por M.
Número de granos por hilera*	N. de G. por Hil.
Peso de grano por mazorca	P. de G. por M.
Rendimiento de grano	R. de G.
Días a floración masculina*	D. a F.M.
Días a floración femenina*	D. a F.F.
Relación diámetro-longitud de la mazorca	R.D.L. de la M.
Índice posición de la mazorca	I.P. de la M.
Número de hojas totales*	N. de H. T.
Área foliar de la hoja de la mazorca	A.F. de la H. de la M.
Índice de grano	I. de G.

(*) Variable transformada por la $\sqrt{X + 1}$

Cuadro 7. Estadísticos más importantes de las variables estudiadas en el experimento. Fertilización nitrogenada en la variedad Ranchero de maíz (Zea mays L.), Ciclo P-V de 1987 en el municipio de Marín, N.L.

Variable	V. máx.	V. mín.	Rango	Desv. est.	Media	C.V.(%)=	Desv. est Media
A. de P.	223.850	135.550	88.300	21.383	160.26	13.18	
A. de M.	134.100	67.900	66.200	18.134	86.09	21.06	
N.deH. Arr. de M.	5.450	4.600	0.850	0.214	5.02	4.26	
N. de H. Ab. de M.	9.500	8.250	1.250	0.364	8.91	4.08	
L. de H. de M.	89.300	68.000	21.300	5.711	78.30	7.29	
A. de H. de M.	9.230	7.430	1.800	0.548	8.53	6.42	
D. del T.	2.130	1.510	0.620	0.147	1.81	8.12	
P. de la M.	151.600	74.300	77.300	20.209	107.76	18.75	
L. de la M.	14.780	11.390	3.390	0.792	13.32	5.94	
D. de M.	4.260	3.670	0.590	0.174	3.95	4.40	
N. de H11 por M.	12.800	11.400	1.400	0.386	12.23	3.16	
N. de G. por H11.	37.750	27.950	9.800	2.534	32.69	7.75	
P. de G. por M.	131.850	61.750	70.100	18.331	90.87	20.17	
R. de G.	5732.610	2684.780	3047.830	797.295	3952.81	20.17	
D. a F.M.	88.000	79.000	9.000	2.633	85.75	3.07	
D. a F.F.	92.000	82.000	10.000	2.974	89.42	3.32	
R. D.L. de 1a M.	0.335	0.265	0.070	0.017	0.30	5.67	
I.P. de 1a M.	0.623	0.447	0.176	0.045	0.53	8.49	
H.T.	14.600	13.000	1.600	0.476	13.93	3.42	
A.F. de 1a H. de 1a M.	618.179	379.950	238.229	65.031	502.63	12.94	
I. de G.	0.902	0.844	0.111	0.021	0.84	2.50	

Cuadro 8. Resumen del Análisis de Varianza de las variables estudiadas en el experimento. Fertilización nitrogenada en la variedad Ranchero de maíz (*Zea mays* L.), ciclo P.-V. de 1987 en el municipio de Marín, N.L.

Variables	CM Epocas	CM Dosis	CM Epocas con Dosis	CM Error (a)	CM Error (b)	Media General	C.V. Error (%) a	C.V. Error (%) b
A. de P. (cm)	335.011 NS	162.776 NS	258.419 NS	609.217	74.0916	160.26	15.40	5.37
A. de M. (cm)	185.346 NS	85.305 NS	88.913 NS	605.535	45.809	86.09	28.58	7.86
N. de H. Arr. de M+	0.0045NS	<1 NS	0.002 NS	0.0021666	0.0014	5.02	1.80	1.53
N. de H. Ab. de M.+	0.011 NS	<1 NS	0.001 NS	0.003	0.00205	8.91	1.74	1.44
L. de H. de M. (cm)	5.079 NS	2.844 NS	15.465 NS	52.346	13.113	78.30	9.24	4.62
A. de H. de M. (cm)	0.150 NS	0.077 NS	0.1165 NS	0.755	0.1634	8.53	10.18	4.74
D. Del T. (cm)	0.005 NS	0.002 NS	0.0105 NS	0.063	0.0048	1.81	13.87	3.83
P. de la M. (g)	299.891 NS	25.232 NS	349.688 NS	902.273	199.69955	107.76	27.87	13.13
L. de la M. (cm)	0.129 NS	0.087 NS	0.3045 NS	1.013	0.3194	13.32	7.56	4.24
D. de M. (cm)	0.024 NS	0.0225 *	0.023 *	0.06	0.0045	3.95	6.20	1.60
N. de Hil. por M.+	0.01 NS	0.0075**	0.002 NS	0.0056666	0.00115	12.23	2.07	0.93
N. de G. por Hil.+	0.0105 NS	0.02 NS	0.04 NS	0.1165	0.024	32.69	5.88	2.67
P. de G. por M. (g)	298.106 NS	24.747 NS	262.355 NS	692.106	177.57685	90.87	28.95	14.66
R. de G. (kg/ha)	558416.875 NS	45371.375 NS	50851.605 NS	1312555.000	334647.430	3952.81	28.98	14.63
D. a F.M.+	0.115 NS	0.027 NS	0.0015 NS	0.1208333	0.0128	85.75	3.73	1.21
D. a F.F.+	0.012 NS	0.002 NS	0.001 NS	0.062	0.0041	89.42	2.61	0.67
R. D-L de la M.	< 1 NS	< 1 NS	0.0005 NS	< 1	0.00015	.30	0	4.08
I. de P. de la M.	0.0005 NS	0.001 NS	0.001 NS	0.004	0.0007	.53	11.93	5.00
H.T.+	0.0125 NS	0.0005NS	0.0005 NS	0.0046666	0.00215	13.93	1.77	1.20
A.F. de la H. de la M.	1304.755 NS	216.681 NS	1802.9295 NS	13599.204	1754.7535	502.63	23.20	8.33
I. de G.	0.001*	0.0005 NS	< 1 NS	0.0001666	0.0005	.84	1.54	2.66

(+) Variables transformadas por $\sqrt{X + 1}$

** Altamente significativo

* Significativo

NS No significativo

A. DE P	**	9547	**	3950	**	4883	**	6111	**	3279	**	7486	**	3095	**	5980	**	6304	**	6237	**	6996	**	8081	NS	2279	**	6847	**	6076	**	4485	**	3721	**	I. DE G.
A. DE M.	**	3632	**	6515	**	6068	**	6421	**	3929	**	7768	**	3831	**	6243	**	6505	**	6502	**	7690	**	8391	NS	1778	**	8689	**	6620	**	6028	**	2392	**	A. F. DE LA H. DE LA M.
N. DE H. Arr. DE M.	**		**	3078	NS	2723	*	4634	*	1668	NS	5841	*	2149	*	3342	*	4756	*	4769	NS	2333	NS	2144	NS	2699	NS	2491	**	6855	**	1963	**	3681	**	N. DE H. DE M.
N. DE H. Ab DE M.	**		**	4208	**	5376	**	4286	**	3020	*	5711	**	2963	**	4319	**	4237	**	4245	**	5781	**	5128	NS	1209	**	6928	**	9037	**	3959	**	1376	**	N. DE H. Ab DE M.
L. DE H. DE M.	**		**		**	7645	**	7237	**	7106	**	5784	**	4659	**	6749	**	6839	**	6844	**	5517	**	5953	NS	3056	**	7338	**	3979	**	9686	**	0357	**	L. DE H. DE M.
A. DE H. DE M.	**		**		**	8146	**	6441	**	6691	**	4317	**	4547	**	5840	**	6162	**	6168	**	3971	**	4050	NS	3802	**	6483	**	3349	**	9507	**	1023	**	A. DE H. DE M.
D. DEL T.	**		**		**		**	6099	**	6598	**	4779	**	3119	**	5473	**	5886	**	5895	**	5253	**	4724	NS	3353	**	6653	**	5340	**	827	**	0975	**	D. DEL T.
P. DE LA M.	**		**		**		**		**	7609	**	7876	**	4333	**	8169	**	9933	**	9934	**	5172	**	5606	NS	1933	**	5704	**	5365	**	7216	**	4792	**	P. DE LA M.
L. DE LA M.	**		**		**		**		**		**	4361	**	2776	**	7298	**	7273	**	7292	**	4072	**	3928	NS	7184	**	4179	**	3061	**	7190	**	1481	**	L. DE LA M.
D. DE M.	**		**		**		**		**		**			5350	**	6476	**	7768	**	7762	NS	5558	**	6560	NS	3093	**	6829	**	6998	**	5426	**	3002	**	D. DE M.
N. DE H. POR M.	**		**		**		**		**		**				4412	**	4207	**	4198	**	1969	NS	2979	NS	1132	**	4356	**	3234	**	4790	**	1187	**	N. DE H. POR M.	
N. DE G. POR M.	**		**		**		**		**		**					8142	**	8144	**	8144	**	5667	**	6089	NS	2637	**	5485	**	4909	**	6613	**	3956	**	N. DE G. POR M.
P. DE G. POR M.	**		**		**		**		**		**										10000	**	5750	NS	1675	**	5561	**	5382	**	6868	**	5753	**	P. DE G. POR M.	
R. DE G.	**		**		**		**		**		**											5210	**	5734	NS	1698	**	5567	**	5393	**	6873	**	5741	**	R. DE G.
D. A. F.F.	**		**		**		**		**		**																								D. A. F.F.	
D. A. F.M.	**		**		**		**		**		**																								D. A. F.M.	
R. DE G.	**		**		**		**		**		**																								R. DE G.	
P. DE G. POR M.	**		**		**		**		**		**																								P. DE G. POR M.	
R. DE G.	**		**		**		**		**		**																								R. DE G.	
D. A. F.F.	**		**		**		**		**		**																								D. A. F.F.	
R. D-L DE LA M.	**		**		**		**		**		**																								R. D-L DE LA M.	
I. P. DE LA M.	**		**		**		**		**		**																								I. P. DE LA M.	
H. T.	**		**		**		**		**		**																								H. T.	
A.F. DE LA H. DE LA M.	**		**		**		**		**		**																								A.F. DE LA H. DE LA M.	
I. DE G.	**		**		**		**		**		**																								I. DE G.	

** CORRELACION ALTAMENTE SIGNIFICATIVA
 * CORRELACION SIGNIFICATIVA
 NS CORRELACION NO SIGNIFICATIVA

Cuadro 9. Coeficiente de correlación Pearson del experimento. Fertilización en la variedad Ranchero de maíz (Zea mays L.), Ciclo P.-V. de 1987 en el municipio de Marín, N.L.

Cuadro 10. Concentración de datos para todas las variables consideradas en el experimento. Fertilización nitrogenada en la variable Rancharo de maíz (Zea mays L.), Ciclo P-V de 1987 en el municipio de Marín, N.L.

Variables	Tratamiento (medias)		Kg/ha en la siembra		Kg/ha en 40 días post-siembra		Kg/ha en floración	
	Testigo		150	200	150	200	150	200
A. de P. (cm)	166.31	153.05	156.72	155.14	159.85	176.15	160.69	
A. de M. (cm)	90.60	78.16	85.86	82.91	84.40	95.43	89.80	
N. de H. Arr. de M.	5.03	4.93	4.89	5.05	5.19	5.13	4.95	
N. de H. Ab. de M.	8.95	8.60	8.69	9.03	8.85	9.12	9.18	
L. de H. de M. (cm)	78.66	75.86	79.95	78.65	77.99	79.07	78.28	
A. de H. de M. (cm)	8.39	8.46	8.74	8.69	8.48	8.42	8.40	
D. del T. (cm)	1.83	1.74	1.81	1.85	1.80	1.86	1.80	
P. de la M. (g)	109.84	98.20	107.10	108.94	118.58	113.70	100.08	
L. de la M. (cm)	13.46	12.86	13.36	13.48	13.36	13.55	13.34	
D. de M. (cm)	3.95	3.89	3.92	3.88	4.09	3.96	3.98	
N. de Hil. por M.	11.97	12.09	12.44	12.01	12.35	12.39	12.28	
N. de G. por Hil.	33.01	31.44	32.45	33.69	32.04	34.25	32.25	
P. de G. por M. (g)	93.36	82.38	88.91	93.84	100.300	96.58	83.24	
R. de G. (kg/ha)	4059.06	3581.52	3865.76	4079.89	4360.87	4209.78	3619.03	
D. a F.M.	84.67	87.25	87.25	86.00	85.75	83.75	84.50	
D. a F.F.	89.08	90.25	90.50	88.75	89.50	88.75	88.75	
R. D-L. en M.	.29	.30	.29	.29	.31	.29	.30	
I.P. de la M.	.54	.51	.54	.53	.53	.54	.55	
H.T.	13.99	13.53	13.58	14.08	14.04	14.25	14.13	
A.F. de la H. de la M.	497.78	482.97	523.87	513.29	499.45	502.02	494.16	
I. de G.	.85	.84	.83	.86	.85	.85	.83	

Cuadro 11. Comparación de medias para las dosis de fertilización de la variable diámetro de mazorca del experimento.

Dosis de Fertilización	Media	= 0.05	DMS = 0.04
200 kg de N/ha	3.99	a	
0 kg de N/ha	3.95	a b	
150 kg de N/ha	3.91	b	

Cuadro 12. Comparación de medias para la interacción épocas de aplicación con dosis de fertilización de la variable diámetro de mazorca del experimento.

Tratamiento	Media	= 0.05	DMS = 0.08
200 kg de N/ha a 40 días post-siembra	4.09	a	
200 kg de N/ha en floración	3.98	b	
150 kg de N/ha en floración	3.96	b c	
Testigo	3.94	b c d	
200 kg de N/ha en siembra	3.92	b c d	
150 kg de N/ha en siembra	3.89	c d	
150 kg de N/ha en 40 días post-siembra	3.88	d	

Dosis de Fertilización	Epoca de aplicación		
	Siembra	40 días post-siembra	Floración
150 kg de n/ha	3.89 ab, A	3.88 b, B	3.96 a, A
200 kg de N/ha	3.92 b, A	4.09 a, A	3.98 b, A

Donde:

Las letras minúsculas representan significancia entre épocas de aplicación para una dosis de fertilización fija.

Las letras mayúsculas representan significancia entre dosis de fertilización para una época de aplicación fija.

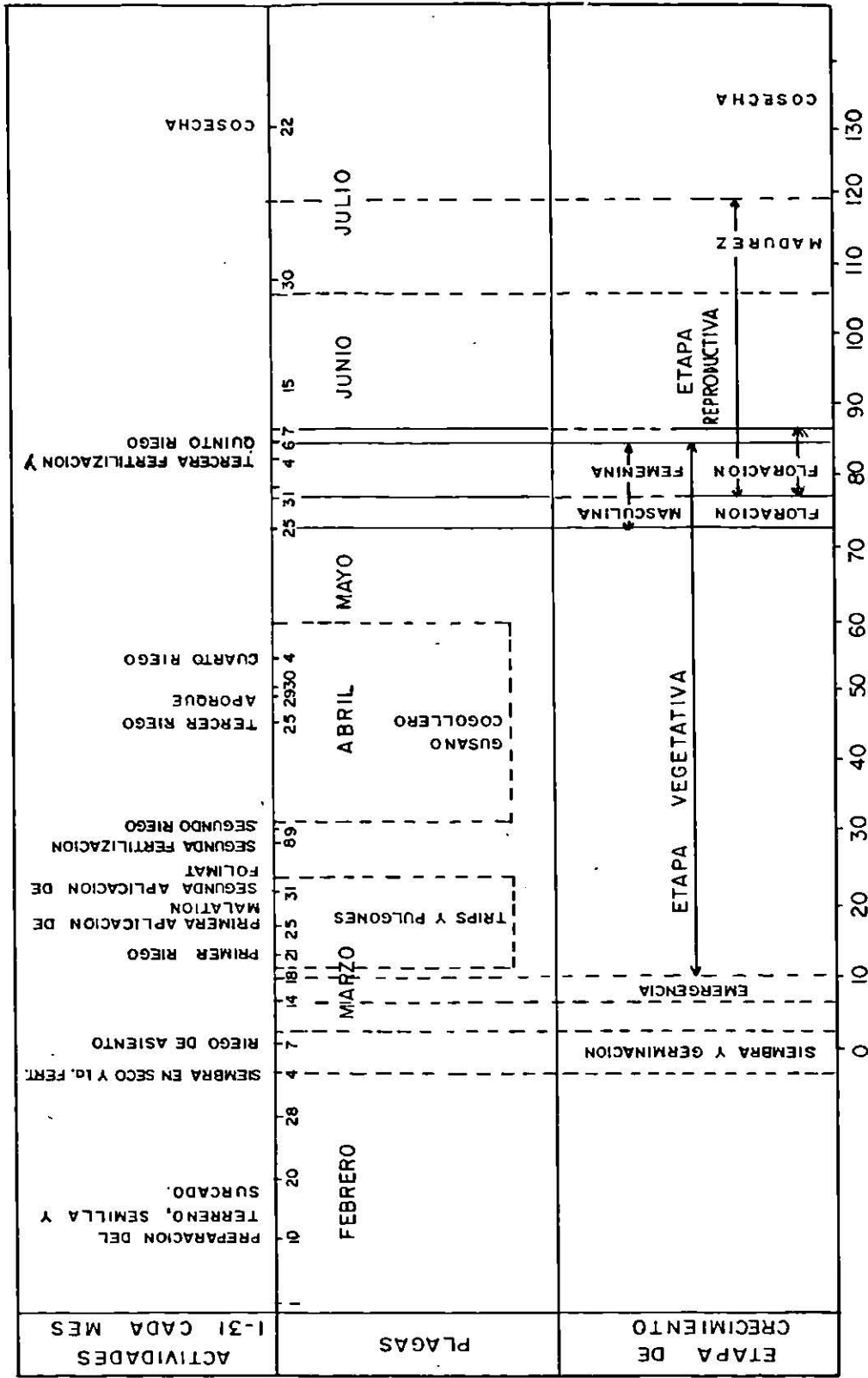
Cuadro 13. Comparación de medias para las dosis de fertilización de la variable número de hileras por mazorca del experimento.

Dosis de fertilización	Media	= 0.05	DMS = 0.02
200 kg de N/ha	12.33	a	
150 kg de N/ha	12.13		b
0 kg de N/ha	11.97		c

Cuadro 14. Comparación de medias para las épocas de aplicación de la variable índice de grano del experimento.

Epoca de aplicación	Media	= 0.05	DMS = 0.02
40 días post-siembra	0.85	a	
Floración	0.84	a	b
Siembra	0.83		b

NOTA: El método utilizado para la prueba de Comparación de Medias fue el DMS (Diferencia Mínima Significativa).



Cuadro 15. Abaco de actividades realizadas durante el desarrollo del cultivo en el experimento. Fertilización nitrogenada en la variedad Ranchero de maíz (Zea mays L.), Ciclo P.-V. de 1987 en el municipio de Marín, N.L.

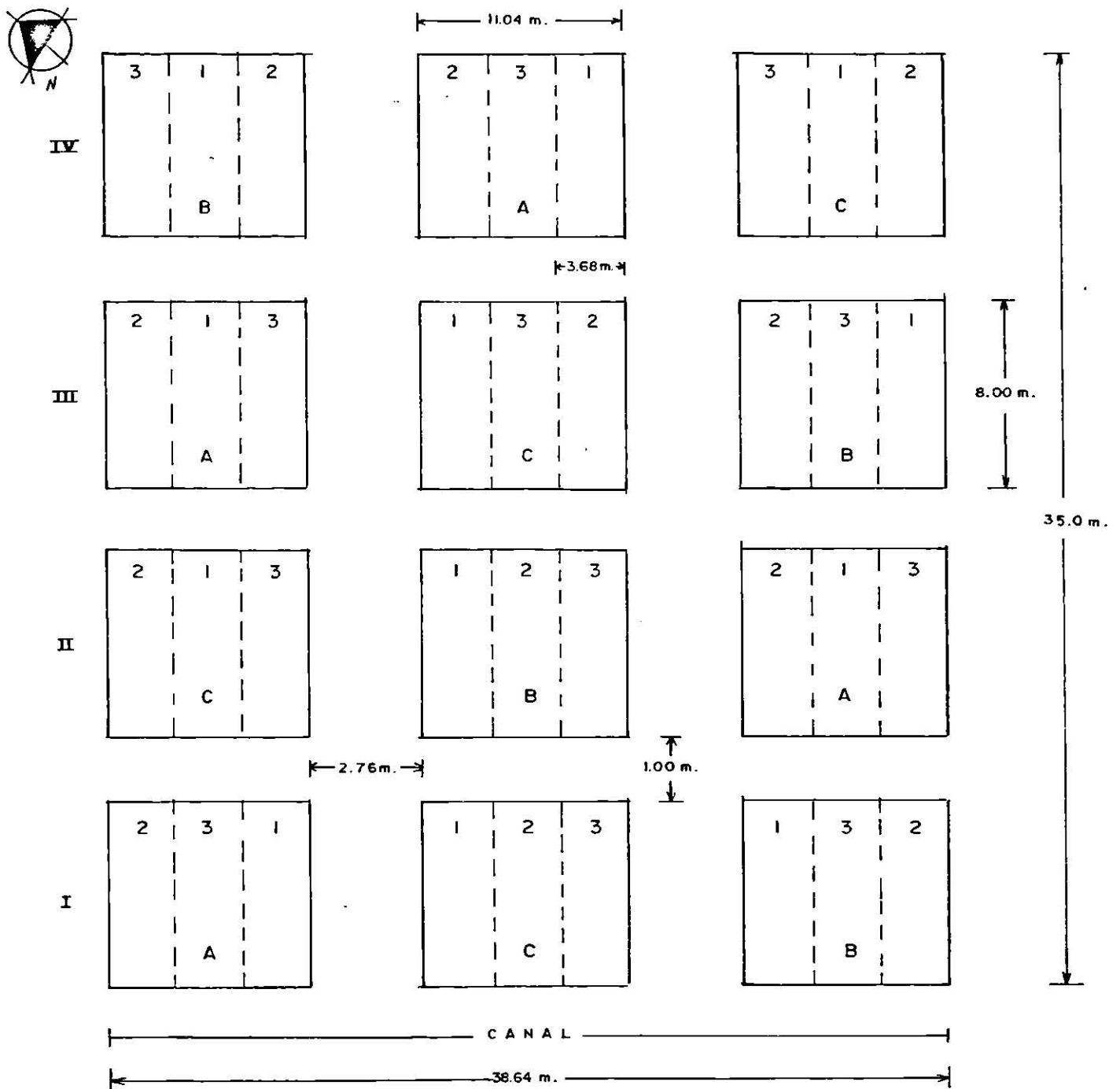


Figura 1. Distribución esquemática de los tratamientos bajo un Diseño Bloques al azar con arreglo en parcelas divididas en el experimento. Fertilización nitrogenada en la variedad Rancho-ro de maíz (*Zea mays* L.)

NOTA: Las especificaciones para letras y números se observa en forma más detallada en el Punto 3.7. de Materiales y Métodos.

