

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

ESCUELA DE AGRICULTURA



**"Comparación de fuentes de fertilización nitrogenada
en el Valle de Guadalajara, Jal."**

TESIS PROFESIONAL

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO

P R E S E N T A

RICARDO NUÑO ROMERO

GUADALAJARA, JALISCO 1983



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

EXPEDIENTE

Escuela de Agricultura 17 de Marzo de 1981

NUMERO1243.....

C. PROFESORES:
ING. DOMESTICO ZARAZUA CABREJA, Director
ING. ROGELIO HUERTA ROSAS, Asesor
ING. GABRIEL MARTINEZ GONZALEZ, Asesor

Con toda atención me permito hacer de su conocimiento que habiendo sido aprobado el Tema de Tesis:
"COMPARACION DE FUENTES DE FERTILIZACION NITROGENADAS EN EL VALLE DE GUADALAJARA, JAL."

presentado por el Pasante RICARDO HUERO ROMERO han sido ustedes designados Director y Asesores respectivamente para el desarrollo de la misma.

Ruego a ustedes que sirvan hacer del conocimiento de esta Dirección su Dictamen en la revisión de la mencionada tesis. Entre tanto me es grato reiterarle las seguridades de mi atenta y distinguida consideración.

A T E N T A M E N T E
"PIENSA Y TRABAJA"
EL SECRETARIO

ING. JULIAN SANCHEZ GONZALEZ

JSG/ml.

LAS AGUJAS, MPIO DE ZAPOPAN, JAL.

APARTADO POSTAL No. 129

Las Agujas, Mpio. de Zapopan, Jal. 17 de Marzo de 1981

C. ING. LEONEL GONZALEZ JAUREGUI
DIRECTOR DE LA ESCUELA DE AGRICULTURA
DE LA UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
P R E S E N T E



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

Habiendo sido revisada la Tesis del PASANTE _____

RICARDO NUÑO ROMERO

Titulada:

" COMPARACION DE FUENTES DE FERTILIZACION NITROGENADA EN EL VALLE DE
GUADALAJARA, JAL. "

Damos nuestra aprobación para la Impresión de la misma

DIRECTOR

ING. BONIFACIO ZARAZUA CABRERA

ASESOR

ING. ROGELIO HUERTA ROSAS

ASESOR

ING. GABRIEL MARTINEZ GONZALEZ

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

C. ING. M.C. BONIFACIO ZARAZUA CABRERA

Director de esta Tesis, por haberme conducido desde los primeros años de la Carrera hasta la culminación de la misma, con sus consejos oportunos y bien intencionados.

C. ING. M.C. GABRIEL MARTINEZ GONZALEZ

Por el apoyo constante y desinteresado que me brindó durante las muchas horas que consumió la elaboración de esta Tesis.

C. ING. ROGELIO HUERTA ROSAS

Por orientarme en la elección del Tema y su colaboración técnica en la realización de este trabajo.

En forma especial quiero agradecer a cada uno de los maestros que me impartieron clases, a quienes debo mi formación académica y con los cuales estoy comprometido a superarme en el ejercicio profesional.

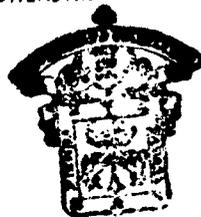
Agradezco a todos los compañeros y amigos que intervinieron en alguna de las etapas en que consistió este trabajo, desde la selección de sitios experimentales hasta la mecanografía del mismo, además quiero hacerles patente que su esfuerzo no ha sido en vano y por fin ha cristalizado.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a todos mis familiares que se esforzaron en formarme como persona y como profesionista, siempre poniendo el mayor empeño en hacer de mí una persona de -- bien, sobre todo en mis momentos de dudas y crisis inherentes a la naturaleza humana, así como en la convivencia cotidiana me considero afortunado de haber contado con todo este apoyo sin el cual se habría dificultado llegar a esta meta.

COMPARACION DE FUENTES DE FERTILIZACION NITROGENADA
EN EL VALLE DE GUADALAJARA

CONTENIDO



I	INTRODUCCION	1
II	OBJETIVOS	3
III	HIPOTESIS	4
IV	SUPUESTOS	5
V	REVISION DE LITERATURA	6
VI	MATERIALES	41
VII	DISEÑO Y EJECUCION DEL EXPERIMENTO	47
VIII	ANALISIS DE RESULTADOS	51
IX	CONCLUSIONES	69
X	RECOMENDACIONES	71
XI	RESUMEN	73
XII	BIBLIOGRAFIA	75

ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

I INTRODUCCION

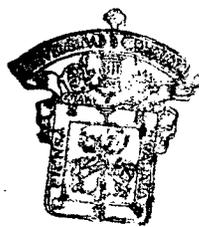
La Agricultura comercial tiene la mejor misión de satisfacer la demanda de productos para la alimentación y la industria, paralelamente es practicada con el objeto de proporcionar ganancias a los productores. Para conseguir -- estos dos propósitos se hace necesario efectuar el uso más adecuado de los recursos, así como la mejor combinación de los factores que inciden en la producción.

La fertilización nitrogenada es un factor que -- produce un impacto muy notable en la producción, este factor es sumamente variable en cantidad, oportunidad de aplicación y fuentes fertilizantes. Por otro lado, las fuentes de Nitrógeno [N] tienen características, costos de producción y precios al público diferentes entre sí, esto puede causar un comportamiento distinto de las fuentes nitrogenadas cuando se aplican a un suelo en particular, bajo un sistema de producción dado.

Con la finalidad de comparar el rendimiento de tres fuentes nitrogenadas, se planteó un experimento crítico, en el Ciclo Primavera-Verano de 1981, tomando en cuenta que el cultivo típico del Valle de Guadalajara es el Maíz -- bajo el sistema de Humedad Residual.

Se considera que la mejor fuente para el cultivo

del Maíz en el Valle será aquella que mayor rendimiento pro
porcione, en igualdad de cantidad de N aplicado en la misma
época de aplicación.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

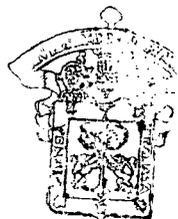
I I O B J E T I V O S

- 2.1 Realizar una comparación en base al rendimiento obtenido con cada una de las fuentes nitrogenadas en estudio.
- 2.2 Correlacionar las condiciones climáticas y edáficas -- del Valle de Guadalajara con las características físicas y químicas de las fuentes nitrogenadas en estudio, para poder ampliar el espectro de inferencia de los resultados.
- 2.3 Inferir el efecto que pueda tener el empleo prolongado de una fuente en especial, así como; plantear las difficultades que se presenten y deban ser estudiadas en investigaciones futuras relacionadas con el tema.
- 2.4 Apoyar una planeación adecuada de la demanda de fertilizantes, con el fin de evitar las aglomeraciones. en - la época de aplicación,
- 2.5 Obtener bases experimentales para hacer palpable entre los productores que el problema de fertilización es de los principales en la obtención de grandes cosechas, - así como que eficientando esta operación podemos reducir las pérdidas de nutrimentos y en consecuencia obtener mayores ingresos económicos netos.



I I I H I P O T E S I S

- 3.1 Los factores edafogénicos que actúan en el área de estudio han producido suelos en los cuales las fuentes de fertilización nitrogenada, tienen comportamientos diferentes, debido a las propiedades físicas y químicas de cada fuente.
- 3.2 El cultivo del maíz bajo el régimen de humedad residual en los suelos del área de estudio, tendrá diferente respuesta a las aplicaciones de N en cantidades iguales, pero aportados por fuentes distintas.



ESCUOLA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

I V S U P U E S T O S

- 4.1 La variación de los genotipos no afecta la respuesta a fertilización.
- 4.2 Los rendimientos no se ven restringidos cuando la primera aplicación se realiza en la primera escarda.
- 4.3 Las parcelas experimentales seleccionadas poseen características representativas de los suelos y también su manejo será similar al manejo del cultivo del maíz en todo el Valle.
- 4.4 La dosis proporcionada al cultivo para la comparación alcanzó un nivel en que todas las fuentes pudieron llegar a rendimientos aceptables.



V REVISIÓN DE LITERATURA

5.1 CONCEPTOS DE FERTILIDAD, PRODUCTIVIDAD Y FERTILIZACIÓN DE LOS SUELOS.

FERTILIDAD

La Fertilidad se define como "La cualidad que permite a un suelo proporcionar los compuestos adecuados en cantidad conveniente y el equilibrio apropiado, para el crecimiento de determinadas plantas cuando otros factores son favorables" (8).

La cualidad de un suelo que lo capacita para suministrar nutrimentos esenciales en cantidades adecuadas y en balance propio para el crecimiento de plantas específicas, cuando otros factores de crecimiento, como luz, humedad, temperatura y condiciones físicas del suelo son favorables (6).

Un suelo únicamente puede ser fértil si constituye un medio favorable para el crecimiento de las raíces, el sistema radicular además necesita absorber agua y nutrimentos en cantidad suficiente para que el cultivo dé buen rendimiento de cualquiera de las partes del vegetal que se requiera - - (29).

Suelo fértil es el que contiene cantidades suficientes y balanceadas de todos los nutrimentos que la planta obtiene de la fracción mineral y orgánica, debe estar razonable-

mente libre de sustancias tóxicas que limiten el crecimiento y tener propiedades físicas satisfactorias.

Todos los suelos fértiles son potencialmente productivos (24).

La fertilidad del suelo es su capacidad para desarrollar cosechas y está influenciada por los nutrimentos y el agua suministrados y por las condiciones generales de crecimiento de las raíces de la planta (4).

La fertilidad de un suelo es su capacidad para producir mayores o menores cosechas de cultivos agrológicamente adaptados a la zona donde se hayan situados (22).

En la fertilidad de un suelo se debe considerar dos factores que son la capacidad y la intensidad. En un momento determinado la fertilidad de un suelo es proporcional a la cantidad de nutrimentos disponibles que puedan ser extraídos y cuantificados por medio de un análisis del suelo. También se puede decir que un suelo es fértil respecto a los elementos que posee en forma suficiente, no siendo fértil para aquellos elementos los cuales son poco abundantes en éste.

P R O D U C T I V I D A D

Productividad del suelo se define como "La capacidad de un suelo para producir una planta específica (o secuencia de plantas) bajo un sistema determinado de manejo" por-

ejemplo, la productividad de un suelo para maíz se expresa en kilogramos de grano por hectárea, bajo un sistema específico de manejo en el cual se han señalado cosas tales como fecha de siembra, fertilización, calendario de riegos, labranzas y control de pesticidas (6).

La productividad de un suelo es la calidad que lo capacita para producir abundantes cultivos, incluyendo fertilidad balanceada y alta; aire adecuado, luz, humedad, temperatura y libre de insectos, enfermedades, malezas y animales salvajes (8).

Para que un suelo sea productivo por necesidad debe ser fértil, no quiere decir que sin embargo un suelo fértil sea productivo. Por ejemplo muchos suelos fértiles existen en regiones áridas, pero bajo sistemas de manejo que no incluyen riego no pueden ser productivos para maíz o arroz (6).

Un suelo potencialmente fértil y un buen clima no aseguran por sí mismos grandes rendimientos, la potencialidad del terreno solamente puede ponerse de manifiesto si es cultivado por hombres y mujeres con la necesaria energía, ingenio y dinero para hacer uso de los recursos que tienen realmente a disposición (29).

Un suelo productivo es el que siendo fértil se encuentra localizado en una zona climática que le proporciona suficiente humedad, luz y calor para el desarrollo normal de

Las plantas (24).

Fertilizante es cualquier material orgánico o inorgánico que se agrega a un suelo en un intento de proporcionar nutrimentos para la planta (6,32).

Fertilizante es una sustancia que se añade al suelo -- para suministrar aquellos elementos que se requieren para la nutrición de las plantas (33).

F E R T I L I Z A C I O N

Muy grande es el empobrecimiento de sales nutritivas de suelos cultivados intensivamente. Esta pérdida puede ser compensada solo mediante fertilización si se quieren evitar limitaciones del crecimiento vegetal. La fertilización mineral reemplaza directamente las sales nutritivas eliminadas por la cosecha (28).

Un suministro adecuado de elementos nutricios minerales es necesario para la máxima producción agrícola, pero ellos por sí solos no son garantía de una cosecha abundante a causa del posible efecto limitante de alguno de los numerosos factores que influyen en el crecimiento de las plantas (33).

Para una buena producción los cultivos requieren grandes cantidades de nutrimentos que la solución del suelo contienen como los iones son removidos por absorción de las --

plantas deben ser renovados al suelo por diversas fuentes, - como iones adsorbidos de minerales arcillosos y humus por - intercambio catiónico; por descomposición lenta de los mi - nerales del suelo y por descomposición más rápida de la ma - teria orgánica del suelo. Muy rara vez la velocidad de re - novación de todos los elementos esenciales en los suelos no tratados es lo suficientemente rápida para obtener máxima - producción en los cultivos. Para eliminar estas deficien - - cías se añaden fertilizantes (6).

5.2 LA FERTILIZACIÓN Y EL MEDIO AMBIENTE.

La temperatura afecta directamente algunas funciones - vitales como: Fotosíntesis, Respiración, Absorción de agua - y Nutrientes, etc. Es probable que cuando la temperatura - se encuentra por encima de la óptima, la planta pueda su - - frir inanición debido a que respira más rápidamente de lo - que fotosintetiza, en caso de presentarse temperaturas muy - bajas, la absorción de solutos disminuye (33,28).

Los efectos de la temperatura (9) sobre el crecimiento vegetal, pueden ser físicos, químicos y biológicos, entre - los cuales se pueden citar:

- Descomposición de la materia orgánica
- Absorción de nutrientes
- Absorción de agua y translocación de la misma

El frío no favorece la descomposición y la nutritiva - -

ción de la materia orgánica [11,13]. Se requiere mayor cantidad de fertilizante nitrogenado en tiempo frío que cuando hace calor, por tanto puede presentarse deficiencia de N -- en estaciones anormalmente frías [13].

El desarrollo de las plantas es porporcional a la cantidad de agua presente, puesto que el crecimiento se ve restringido entre niveles muy altos o muy bajos de humedad del suelo [33].

El agua participa en la fotosíntesis y en otras numero sas reacciones del metabolismo. En plantas superiores el -- agua tiene fuera de la célula la función de medio de transporte, através del cual llegan los nutrimentos a los órga - nos epígeos [28].

La distribución de las lluvias afectan a la fertiliza ción [13] de la manera siguiente, en general para las zonas de abundantes lluvias tienen mayor necesidad de fertilizan tes porque:

- El potencial del rendimiento suele ser más elevado - - cuanto mayor es el suministro de agua.
- Los suelos son menos fértiles debido a la meteorización.
- La cantidad de fertilizantes aplicada que se pierde -- arrastrada por el agua es mayor.

Siendo el agua disponible uno de los factores limitan tes del rendimiento en condiciones de temporal, se debe es-

tudiar la respuesta a la fertilización con diferentes precipitaciones. Se propone asociar la respuesta a la aplicación de fertilizantes con la probabilidad de ocurrencia de un -- valor mínimo de precipitación, considerando todos los demás factores constantes (20).

La energía radiada es un factor indispensable en la -- fotosíntesis (33). Cuando la energía es mucha se puede tener una evaporación excesiva que reducirá la disponibilidad de agua para el cultivo y en consecuencia reduce las necesidades de fertilizantes, por consecuencia, en lugares de alta evaporación el potencial de rendimiento es menor (13).

5.3 CONSIDERACIONES AGRONOMICAS.

Método de aplicación.

Los nitratos y otros fertilizantes nitrogenados sólidos tienen efectividad variable cuando son aplicados a la superficie del suelo. La próxima lluvia o riego percolará el fertilizante a poca profundidad donde los nitratos se -- moverán libremente en el suelo, los cationes de amonio serán adsorbidos en las superficies donde se realice el intercambio serán retenidos hasta que las raíces las absorban -- o sean nitrificados. La urea no debe ser aplicada directamente a la superficie de los pastizales o césped ya que la vegetación evita que la urea se disuelva rápidamente y se -- mueva al suelo; el remanente en la superficie y mucho del --

N puede volatilizarse y escapar a la atmósfera como amoníaco. Este problema se puede obviar quemando el césped, colocando la urea directamente en el suelo, o humedeciendo el césped inmediatamente después de la aplicación (6,33).

Para cultivos en surcos el fertilizante es generalmente colocado debajo y a un lado de las semillas, este procedimiento llamado en bandas. Mucho cuidado se debe tener -- para que la potasa, el N inorgánico, fosfatos amónicos y -- otros fertilizantes no, sean colocados tan cerca de la semilla y así evitar daños cuando germina particularmente en -- suelos arenosos y con grandes aplicaciones de N solubles o potasa hay peligro de daños en las plantas a las que quema la sal (los nutrimentos solubles son sales (6,33).

Una modificación de las bandas y al voleo, es la colocación en tiras, ha sido muy recomendado en Illinois. En -- vez de esparcir el fertilizante sobre todo el campo es colo cado en pequeñas tiras que lo concentran a lo largo del sur co, esta aplicación es más concentrada que al voleo pero no tan densa y localizada como la aplicación en bandas (6,33).

Las plantas solamente pueden obtener la cantidad principal de elementos nutritivos de un suelo húmedo por ello -- es que tienen que utilizar durante el período de sequía -- elementos nutritivos añadidos al suelo como fertilizantes, -- es de gran importancia la movilidad de éstos elementos en -- el suelo. Los fertilizantes ordinariamente se colocan en la

superficie y se incorporan a todo o parte de la capa superior de quince a veinte cm. de espesor, de los fertilizantes añadidos solamente los nitratos y los cloruros se mueven con facilidad en el suelo; ambos pasan a capas profundas arrastrados por el agua percolante de ordinario acompañados por una cantidad equivalente de iones calcio (29). -- Los elementos nutricios suministrados con los fertilizantes no se mueven lateralmente de modo apreciable en terrenos llanos. La técnica de colocación de fertilizantes en el caso de cereales consiste en situar el fertilizante y la semilla en el mismo surco (29).

Un asunto importante en el uso eficiente de los fertilizantes es el de la colocación en relación con la planta, la determinación de la zona apropiada del suelo en que la aplicación del fertilizante debe hacerse tiene casi el mismo grado de importancia que el escoger la cantidad correcta de nutrimentos para las plantas (33).

Colocaciones superiores o laterales en que el fertilizante se aplica al cultivo tras su emergencia en término -- colocación superior se refiere a aplicaciones difusas sobre los cultivos tales como granos pequeños o forrajes; el término colocación lateral se refiere al fertilizante colocado a lo largo de las hileras lateralmente a un cultivo tal como el maíz, estas aplicaciones pueden hacerse simultáneamente con las labores de cultivo (33).

Las distribuciones al voleo, comprenden todos los métodos utilizados para colocar el fertilizante en la superficie del suelo, aunque después se haga penetrar en la tierra sirviéndose de diversas labores de cultivo. (15).

Al considerar los métodos de aplicación se deben tomar en cuenta las características de los fertilizantes tanto -- como las condiciones del suelo; así, aunque el N en forma de urea es más barato que en forma de sulfato en ocasiones es más recomendable éste (20).

Epoca de Aplicación.

En algunos lugares se acostumbra aplicar el fertilizante sobre toda la superficie del suelo antes de la preparación, pero esto no es muy recomendable porque se pueden tener grandes pérdidas de nitrógeno. También cuando se aplican cantidades de N mayores de cincuenta kilogramos por hectárea en suelos arenosos con lluvia abundante o riegos fuertes se provocará un lavado de éste elemento, son mejores -- las aplicaciones fraccionarias cuando la planta esté lo suficientemente grande para obtener la máxima absorción rápidamente (6).

El tiempo en que se aplique un fertilizante depende -- del clima, nutrimentos y cosecha con respecto al factor suelo. Los suelos difieren grandemente, la velocidad con que -- el agua se mueve a través de ellos así como la capacidad --

para retener nutrimentos para las plantas (33).

Teóricamente sería más deseable añadir el N lo más próximo posible al requerimiento máximo de cultivo además que el tiempo y cantidad que necesitan las plantas el clima y la fuente influyen la época de aplicación (33).

Un retraso en el período de aplicación después de alcanzados dos pies de altura puede dar como resultado una -- utilización disminuida de N aplicado al maíz, es interesante notar sin embargo que las aplicaciones de N en la fase -- que precede a la espiga en ocasiones son eficaces para incrementar la producción (33).

El momento óptimo de aplicación de N depende de la fecha de siembra y duración del cultivo. Siembras tempranas -- de humedad residual, con genotipos de ciclo largo, de alrededor de 180 días responden bien a las aplicaciones de N, -- con la última fracción en la segunda escarda, a los 60 días después de la siembra (20).

5.4 CONDICIONES EDAFICAS QUE INTERACTUAN CON LA FERTILIZACION.

5.4.1 El factor tal vez más importante del suelo en -- la determinación de la proporción y colocación de fertilizantes es la cantidad de nutrimentos del suelo que pueden -- ser disponibles para los cultivos durante la estación de -- crecimiento (33).

Las plantas cultivadas en suelos con elevado contenido de nutrimentos asimilables responden poco a los fertilizantes, mientras que en los suelos pobres en nutrimentos la fertilización encuentra respuesta adecuada (13).

Profundidad del suelo. Cuando la profundidad del suelo es poca las raíces de las plantas exploran una región menor, por lo tanto la fertilidad disminuye rápidamente. Suelos con capas impermeables bien abastecidas de agua requieren grandes cantidades de fertilizantes (13).

Textura del Suelo. Cuando una textura gruesa se asocia con clima húmedo (lluvioso), es frecuente aplicar dosis de N fraccionadas en más ocasiones que cuando la textura es fina, así pues, los efectos de la textura sobre la fertilización dependen del manejo, así como de la cantidad, distribución e intensidad de las lluvias (13).

La textura nos puede determinar diferencias en la eficiencia de las fuentes nitrogenadas (20). Los suelos de textura fina tienen mayor capacidad de adsorción de nutrimentos por lo que generalmente son más fértiles. Los suelos arenosos tienen poros grandes y permiten una más rápida infiltración del agua pero también la lixiviación de nutrimentos. (1).

Erosión del Suelo. Para el caso de los fertilizantes nitrogenados los suelos alterados por erosión necesitan mayores aplicaciones de fertilizantes para restablecer su pro

ductividad que aquellos que no han sufrido daños (13).

La erosión se considera otro factor de pérdida del N - sobre todo porque el N se concentra en las partes más superficiales del perfil, esto ocasiona que se aplique en mayores cantidades (21).

El PH en suelos ácidos la producción de NO_3 y fijación de N es menor que en suelos neutros por lo cual se requieren cantidades mayores de fertilizantes (13).

Cuando se apliquen formas amoniacales o urea a la superficie de un suelo con pH mayor que 7 se tendrán pérdidas por volatilización (33).

El potencial REDOX. Las condiciones de reducción afectan el comportamiento del N del suelo, causando desnitrificación y reducción de nitratos (16,2).

Las condiciones de reducción pueden ser provocadas por inundación del suelo o gran actividad microbiana sobre un sustrato fácilmente degradable (7,2).

La desnitrificación puede ocurrir en suelos húmedos aunque no saturados y es de naturaleza biológica (25,16).

En un suelo inundado existe potencial suficiente para efectuar la reducción de nitratos, de naturaleza exclusivamente química (25,21).

5.5 EVALUACION N DISPONIBLE

5.5.1 Determinaciones en Suelos

Existen métodos eficientes y precisos para determinar el N total en suelos, como el de Kjeldahl (14), aunque para el N disponible, la cantidad depende del N liberado por el suelo durante el desarrollo de la planta (24).

Otro método se basa en la determinación de la materia orgánica considerando que la cantidad de N aprovechable en cualquier estación es proporcional al contenido de N orgánico.

Tal proporción depende de las condiciones climáticas, frecuencia de secamiento del suelo así como de los cultivos anteriores (24,21).

En la Universidad de Wisconsin se extrae el N de la -- Materia Orgánica del suelo con una solución extractora, luego se cuantifica la cantidad de NH_4 (24).

Para que un extractante empleado en un determinado análisis pueda ser calibrado es preciso que la cantidad extraída por este sea proporcional a la absorbida por el cultivo (16).

En la Universidad de Iowa, se incubaba el suelo a 35°C y húmedo por un lapso de dos semanas, al término de dicho lapso se remueven los nitratos y se cuantifican (24).

En todos estos métodos se asume que los datos obtenidos son proporcionales a la aprovechabilidad del N, de aquí que sea necesario determinar la combinación particular de condiciones dadas en una localidad [21].

5.5.2 Exámen y Observación de las Plantas

Los síntomas visuales no son un buen medio de juzgar las necesidades del fertilizante [16].

Se debe insistir en el uso correcto de los síntomas de deficiencia junto con otros métodos de diagnosis, como los análisis de plantas o suelos [33].

La deficiencia de N se identifica por que una planta de maíz puede llegar a ser de color verde claro o amarilla (clorótica) y las hojas más viejas se tornaron amarillas en las puntas. La clorosis progresa del centro de la hoja hacia el tallo, permaneciendo verdes los márgenes de la hoja [6].

Para evaluar el contenido de N en las plantas se pueden practicar análisis cuantitativos en laboratorio que incluyen desde N total, hasta N-N03 [16].

Pruebas de Tejidos, en estas pruebas el jugo celular del tejido triturado es analizado colorimétricamente para conocer el nivel del N (Difenilamina en ácido sulfúrico). Los resultados se pueden expresar como: muy bajo, bajo, medio y alto [14, 33].

5.6 ESTUDIO DEL N

Propiedades Físicas y Químicas.

Propiedades Físicas:

Número atómico	7
Peso atómico	14.008
Densidad g/l	1.17
Punto de Fusión	- 210 oC
Punto de Ebullición	- 195.8
Potencial de Ionización	14.54 volt.

Se encuentra en la naturaleza como N^{14} (99.64%) y N^{15} (0.36%). Los radioisotopos son: N^{12} , N^{13} , N^{16} y N^{17} , tienen periodos de desintegración muy rápidos (12).

Reacciones Químicas:

a) Adquisición de electrones para formar el ión N^{3-} que existe solo únicamente en nitruros salinos de los elementos más electropositivos (Li_3N).

b) Formación de uniones por pares de electrones, mediante la formación de tres uniones simples, como en el NH_3 o - la formación de la molécula $N \equiv N$.

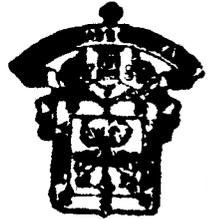
c) Formación de uniones por pares de electrones con -- pérdida de electrones, cuando el N pierde un electron puede formar cuatro enlaces para iones positivos como NH_4^+ .

La valencia del N, se conoce en el N todos los estados de Oxidación entre [-3] y [+5]. Cuando el estado de Oxidación es positivo se combina con Oxígeno y Fluor [5].

El calor de Disociación del N_2 es extremadamente grande:

$$N_2 = 2N \quad \Delta H = 225.8 \text{ Kcal/Mol}$$

$$K_{250C} = 10^{-120}$$



**ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA**

5.6.1 GEOQUÍMICA DEL N

El N es uno de los elementos más abundantes en las - fuentes cósmicas, siendo un componente común de la atmósfera de las estrellas el Sol y los planetas [27].

Según la clasificación geoquímica de los elementos el N es considerado como Atmófilo, que significa propio de la atmósfera y en segundo orden de preferencia Biófilo, o sea esencial para la vida y metabolismo de células animales y vegetales [10].

El N es un componente característico de las emanaciones volcánicas, por lo que parece indudable que el contenido en N de la atmósfera ha aumentado durante la historia geológica de la tierra gracias a la actividad volcánica [27].

Aunque también pudiera ser que algo del N que existe - actualmente en la atmósfera sea primitivo del que ha queda-

do de la protoatmósfera (27).

El N ocupa el 78.08% en volúmen de la atmósfera. Debido a que el N contenido de en la biosfera no es grande, del mismo modo que el N disuelto en el mar y el que se encuentra en sedimentos evaporados, no suelen considerarse en cálculos geoquímicos. El contenido en N de las rocas ígneas es 0.00463 % (27).

El ciclo del N involucra una serie de reacciones por medio de las cuales pasa de N_2 gaseoso a formar compuestos oxidados, luego a formar parte del suelo, de donde es absorbido por las plantas e incorporado a tejidos vegetales. Las formas simples de N orgánico e inorgánico, pueden ser removidas en solución y llegar hasta el mar, de ahí se pueden convertir en N cíclico. El ciclo geoquímico del N está relacionado con la biosfera y su ciclo en ésta constituye una parte importante del ciclo total. (27).

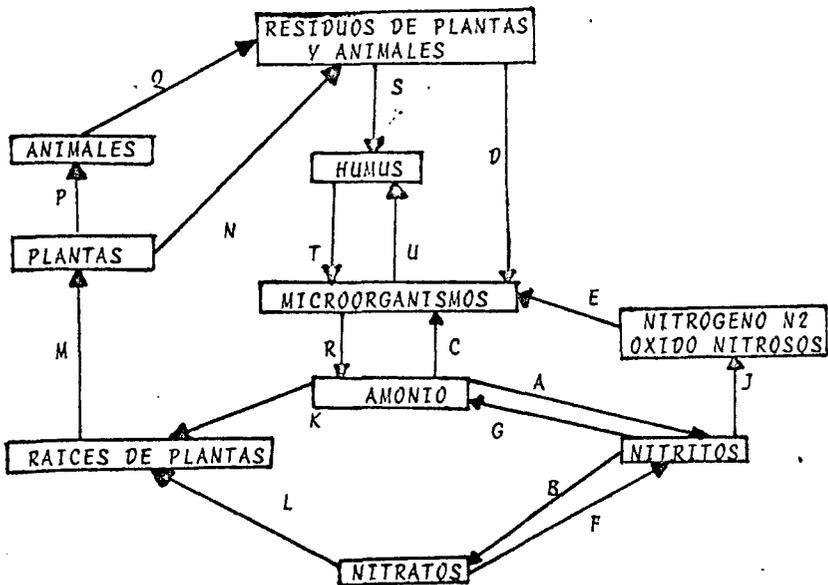
5.6.2 CICLO DEL N EN EL SUELO

El ciclo del N en el suelo representa solamente una parte del ciclo total del N en la naturaleza (7).

En el suelo, el medio ambiente es afectado por que hay varias transformaciones del N (mayormente transformaciones biológicas) operando todo el tiempo. Un átomo de N puede ser transportado desde su posición en una molécula de Amoniaco a otra posición en un compuesto orgánico, desde una

molécula N_2 a una de amoníaco, desde nitrito a nitrato, desde amonio a nitrito, desde nitrato a N gaseoso. Pero estos procesos en ninguna forma son independientes, puesto que -- guardan una interdependencia, ya que el producto de un proceso puede ser el sustrato de otro. No existen una progresión ordenada de electrones de un compuesto nitrogenado a otro, ninguna secuencia cuidadosamente controlada en los -- productos finales y los sustratos tal como ocurre en la operación del Ciclo de Krebs.

Sin embargo hay ciertas reacciones, bioquímicas que -- son permitidas y otras no permitidas, por la cerrada competencia de los microorganismos que viven en el suelo (18).



5.6.3 TRANSFORMACIONES BIOLÓGICAS DEL N DEL SUELO (18)

- A.- Primera etapa de la nitrificación, oxidación de NH_4 a NO_2 por acción de las Nitrosomonas. En ocasiones llamada Nitrosación o Nitritación.
- B.- Segunda etapa de la nitrificación, oxidación de Nitritos a Nitratos por acción de Nitrobacter, llamada Nitratación.
- C.- Siempre que los microorganismos requieren de N para su desarrollo, lo toman de la forma amoniacal del suelo.- La inmovilización es el resultado de la asimilación microbiana de nutrimentos minerales. (2).
- D.- Asimilación de compuestos simples de nitrógeno orgánico tales como aminoácidos.
- E.- Una pequeña cantidad del N absorbido por los microorganismos pueden provenir de fijación del N atmosférico.
- F,G.- Cuando se suministra NO_3^- a los microorganismos que solo pueden asimilar NH_4^+ en forma amoniacal, los nitratos son reducidos hasta NH_3 por acción de los microorganismos. Este proceso se conoce como reducción de nitratos.
- F.- Algunos microorganismos pueden bajo condiciones mas o menos anaeróbicas reducir el nitrato a nitrito sin asimilarlo.

- G.- Cuando las condiciones de reducción y anaerobiosis están presentes las acumulaciones de nitritos son formadas rápidamente a forma amoniacal.
- J.- Cuando prevalecen las condiciones de anaerobiosis los nitritos se pueden reducir a (N_2O) ; óxido nitroso ó (N_2) por bacterias desnitrificadoras.
- K, L.- Remoción de Amonio y Nitrato por las raíces de las plantas que viven en el suelo.
- M.- Formación de aminoácidos y otros compuestos nitrogenados dentro de las células vegetales por la combinación del N con los carbohidratos, producto de la fotosíntesis.
- N.- Eventualmente algunos tejidos vegetales son incorporados al suelo, o simplemente caen en la superficie de este.
- P.- Los tejidos vegetales pueden ser comidos por animales, pasando a formar parte de las proteínas y sustancias animales.
- Q.- Los animales excretan sustancias en forma modificada que se incorporan al suelo, el mismo cuerpo de los animales llega a incorporarse al suelo.
- R.- Los aminoácidos y polipéptidos pueden algunas veces ser tomados por las plantas en pequeñas cantidades, pero en general son metabolizados por la microflora del-

suelo a CO_2 y amonio.

S.- En un suelo agrícola normal no todos los residuos vegetales disponibles son transformados dentro de las células de los microorganismos; algunos permanecen parcialmente descompuestos y acumulados en el suelo como materia orgánica del suelo o humus. Proceso llamado humificación.

T,R.-Un agotamiento del humus del suelo pueden ser evitado por la adición de residuos de cosechas y el N de los fertilizantes. Los procesos por los cuales la materia orgánica pasa a ser amonio (T,R) se conocen como amonificación, que es la primera etapa de la mineralización.

U.- La muerte de las células de microorganismos y los detritus animales también contribuyen a la formación del humus aunque su contenido de carbono es más bajo que el de los residuos vegetales, esto puede hacer que se limite el desarrollo de los microorganismos durante el ataque a estos materiales.

5.6.4 BALANCE DEL N AL SUELO

El cambio neto en la cantidad de N inorgánico, N_i , está expresado por la siguiente relación:

$N_i = N$ inorgánico mineralizado - $(N_a + N_p + N_l + N_d)$

donde. - $N_a =$ Nitrógeno asimilado por los microorganismos
(inmovilizado)

$N_p =$ Nitrógeno absorbido por la planta

$N_l =$ Nitrógeno Lixiviado

$N_d =$ Nitrógeno desnitrificado

La tasa de conversión de N orgánico a Amonio y Nitrato se denomina tasa de mineralización, pero la cantidad neta - del N inorgánico producido depende de la lixiviación, desnitrificación e inmovilización (2).

5.6.5 FUENTES APORTADORAS DE N

- a) El N_2 atmosférico puede ser convertido en óxidos de N por las descargas eléctricas atmosféricas (33), la lluvia hace que estos óxidos desciendan al suelo, con lo que incrementan el contenido de N mineral de este, - - (24), el agua de lluvia también puede contener bajas - cantidades de NH_4^+ y NO_3^- producto de desecho indus - - trial, actividad volcánica e incendios forestales el - NH_4^+ se volatiliza y pasa a formar parte de la atmósfera. Por otra parte el viento ocasiona que se desprendan - del mar pequeñas gotas en forma de aerosol, las cuales al evaporarse dejan las sales (nitratos) suspendidas - en la atmósfera, a este tipo de sales se les denomina - sales cíclicas y son de mayor importancia cerca de las

costas (30,3). Los aportes por la lluvia pueden ser de 1 a 62 Kg/Ha/año. (3).

b) El proceso de Haber-Bosch realiza la fijación del N elemental, convirtiéndolo en NH_3 , a partir del cual se forma la mayoría de los fertilizantes nitrogenados (33,24).

c) Fijación biológica del N. Es un proceso natural por medio del cual el N_2 puede pasar a formar parte del nitrógeno del suelo (21). La aplicación de fertilizantes provee solo una parte del N asimilado por las plantas, el resto es suministrado por alguna otra fuente de las descritas anteriormente en a), sin embargo el balance del N debe ser ajustado por la fijación biológica (2).

La fijación del nitrógeno por bacterias libres la realizan principalmente *Azotobacter* (Aerobia, Heterotrófica) y *Clostridium* (Anaeróbica y Heterotrófica), también pueden participar algunas algas azul-verde como *Nostoc* y *Anabaena* (Aeróbicas y Fotosintéticas) (3). La cantidad de N fijado se estima entre 5 y 50 Kg/Ha/año. (24).

Fijación Simbiótica del N por bacterias *Rhizobium* en asociación con alguna leguminosa (24). La cantidad de N fijado por este mecanismo puede alcanzar hasta 100 Kg/Ha/año, pero en cultivos forrajeros como alfalfa, tréboles y altamuces la fijación varía de 100 a 200 --

Kg/Ha/año (2).

Algunos géneros de angiospermas no leguminosas poseen, en algún estadio de sus ciclos de vida nódulos en sus raíces. La cantidad de N fijado varía ampliamente por las condiciones del suelo y clima, así como la edad de la planta, los reportes de ganancia de N comprenden de 12-200 Kg/Ha/año, para *Alnus* (Betulaceae), 58 Kg/Ha/año, para *Casuarina* (Casuarinaceae) 60 Kg/Ha/año para -- *Ceanothus* (Rhamnaceae) (2).

- d) Incorporaciones de Estiercol, Residuos de cosechas y abonos verdes, son formas de adición de N orgánico a los suelos, este para poder ser asimilado por las plantas debe sufrir transformaciones como las descritas en el ciclo del N (5.6.3), por lo que se considera como N de reserva (24). Para que estos compuestos liberen el N deben sufrir la mineralización (Amonificación, Nitrificación), que es un proceso de aporte lento (3).

5.6.6 FORMAS EN QUE PUEDE PERDERSE EL N

- a) Absorción por cultivos, en la zona agrícola de E.U. se se calculó que en promedio 28 Kg de N eran removidos por la cosecha en una hectárea, lo cual calculado el N total 3200 Kg/Ha representa un 0.9% (3). La pérdida de N por este concepto se calcula en unos 20 Kg/Ha/año -- que representaría un 1.4% del N total (21).

- b) *Lixiviación.* Es una pérdida importante porque un horizonte superficial arenoso (muy permeable) en regiones lluviosas, pierde fácilmente los NO_3 (24). Se ha encontrado que la lixiviación puede tener magnitud similar a la absorción de N por el cultivo (más de 20 Kg/Ha/año), encontrándose que la solución percolada contenida hasta un 99% del total de N lixiviado en forma de Nitratos y solo .1% en forma amoniacal (3,21).
- c) *Pérdidas en forma Gaseosa.* El mecanismo específico por medio del cual ocurre la volatilización no siempre se establece con facilidad, pero son posibles tres reacciones: a) pérdidas no biológicas de amoníaco; b) descomposición química de nitrito; c) desnitrificación microbiana que permite la liberación de N_2 y N_2O (2.33).

Se conoce como desnitrificación toda reducción biológica del NO_3 y NO_2 a formas gaseosas del N, resulta de sustituir el oxígeno por nitrato o nitrito como aceptor de Hidrógeno en las reacciones de oxidación (3). Es la nitrorespiración (2). Entre los organismos desnitrificantes se encuentran *Pseudomonas*, *Xanthomonas*, -- *Bacillus* entre otros (2,7). La desnitrificación es mayor a pH neutro o mayor, con un contenido crítico de humedad del 60% y potencial REDOX negativo (-200my) -- (7,25).

En suelos con acumulaciones de NO_3 , éste puede descomponerse espontáneamente mediante una reacción con la -

(M.O) Materia Orgánica, este proceso da como resultado N_2 , N_2O y NO_2 (2). La interacción de ácido Nitroso con aminas o amonio, da como resultado la pérdida de N_2 (21).

La volatilización de amoníaco por descomposición de NH_4OH puede ser un fenómeno estrictamente químico (7,26). Esta volatilización se acentúa cuando el pH es mayor de 7, las aplicaciones son superficiales y el suelo está seco (3,24).

- d) Erosión.- Por concepto de erosión se pierden unos 27Kg /Ha al año aproximadamente, aunque la cifra puede ser mayor por que la concentración en N es superior en la superficie del suelo, zona susceptible de erosionarse (3,21).

5.6.7 IMPORTANCIA DEL N EN EL DESARROLLO VEGETAL

El N es elemento esencial porque, un elemento es esencial cuando se demuestra que es un componente normal que participa en una función vital de la planta (19).

Criterios de Arnon para determinar la esencialidad de los elementos: (33)

- 1) Una deficiencia del elemento hace imposible para la planta completar el estadio vegetativo o reproductivo de su vida.

- II] Los síntomas de deficiencia del elemento en cuestión - pueden ser prevenidos, ó corregidos, solamente mediante el suministro del elemento.
- III] El elemento está directamente involucrado en la nutrición de la planta, aparte de su posible efecto corrigiendo alguna condición microbiológica ó química en el suelo ó medio de cultivo.

El N cumple con estos requisitos, por tanto es esencial. La tendencia de las hojas superiores a permanecer verdes mientras que las inferiores amarillas mueren es una indicación de la movilidad del N en la planta. [33]

El N es considerado como nutrimento mayor, porque los macroelementos figuran en la materia vegetal a dosis de miligramos por gramo a decigramos por gramo de peso seco. [17].

Macronutrimento es un elemento químico necesario en grandes cantidades (generalmente mayor que 2000 p.p.m. ó 0.2% en la planta) para el crecimiento de las plantas [6].

Una planta de Maíz contiene aproximadamente 1.46% de N respecto a su peso seco [19]. Por lo cual el N es macronutrimento.

Formas en que el N es absorbido por las plantas.
Las formas mas comunmente asimiladas de N en orden de-



importancia son: nitratos (NO_3), amoníaco (NH_3) y urea (NH_2CONH_2). (33,24).

Como resultado de la descomposición de la Materia orgánica, se encuentran pequeñas cantidades de aminoácidos los cuales pueden ser asimilados por las plantas, aunque esta asimilación contribuye en forma insignificante total de N absorbido (30,33).

Los aminoácidos de bajo peso molecular así como algunos polipéptidos (glicina, alanina, ácidos nucleicos, urea) algunas veces pueden ser tomados directamente por las plantas pero generalmente son mineralizados por los microorganismos (18).

Con excepción del arroz, la mayoría de los cultivos absorben la mayoría del N en forma de nitrato NO_3 .

5.6.8 METABOLISMO DEL N

En la fisiología celular el N es importante para la formación de proteínas. Las células en crecimiento son ricas en protoplasma y, por consiguiente, en proteínas. Con relación a toda la planta, el N estimula su crecimiento vegetativo (19).

Indiferente de la forma del N absorbido por las plantas, este es transformado en el interior de las mismas a las formas $-\text{N}-$, $-\text{NH}-$, o $-\text{NH}_2$. Este N reducido es elaborado-

en compuestos más complejos y finalmente transformados en proteína. (33). Esta reducción es debida a la acción enzimática activada por Molibdeno. (24).

Los nitratos absorbidos son reducidos a NH_4 (amonio) para posteriormente incorporarse a los compuestos orgánicos, - tal reducción la afectan las enzimas Nitrato reductasa - - - ($\text{NO}_3 \text{NO}_2$) y Nitrito reductasa ($\text{NO}_2 \text{NH}_4$). Esta reducción puede ocurrir en las raíces de las plantas, tallos y raíces, - dependiendo de las condiciones de concentración del nitrato (NO_3) en el suelo y la temperatura. Por tanto, cuando la -- concentración de NO_3 en el suelo es alta y las raíces se -- encuentran frías, los nitratos pueden ser transportados hasta las hojas y tallo, sitios donde la reducción ocurrirá en proporción a la intensidad de la luz y temperaturas altas - (30).

El N forma parte de la molécula de clorofila cuya fórmula empírica es $\text{C}_{55}\text{H}_{72}\text{O}_5\text{N}_4\text{Mg}$ (18, 28). Los compuestos nitrogenados que se encuentran en las plantas son: Aminoácidos, - proteínas, enzimas y clorofila principalmente. (24).

Se ha demostrado que cuando se reducen los nitratos -- hasta amonio, o cuando éste es absorbido por las plantas -- los carbohidratos disminuyen en la planta, por lo cual se -- considera que una sobredosis de N causa un abatimiento en -- el nivel de carbohidratos, lo que ocasiona mayor producción de proteínas pero menor cantidad de tejidos estructurales -

(celulosa). La falta de tejidos estructurales causa el acame (19).

Es probable que el primer compuesto orgánico al que se incorpora el NH_4 [amoníaco], sea el ácido glutámico, resultando de la reacción del ácido alfaceto-glutarico con NH_4 [amoníaco], esta reacción es catalizada por la deshidrogenasa glutámica, en la reacción es también ocurre la conversión del NADH en NAD^+ y la liberación de una molécula de agua. Posteriormente reacciones entre moléculas de glutamato entre sí y con otros compuestos orgánicos dan como resultado todos los compuestos orgánicos del N (30).

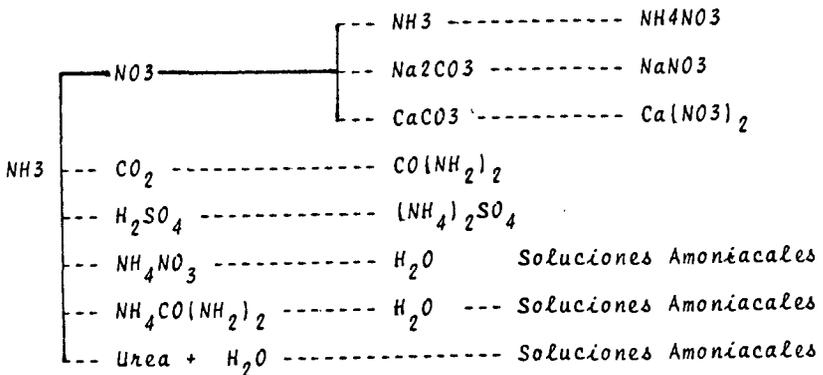
5.6.9 INDUSTRIA DE LOS FERTILIZANTES NITROGENADOS

El punto de partida para casi todos los fertilizantes-nitrogenados es el Amoníaco Anhidro (26):

Fórmula	NH_3
Porcentaje de N en peso	82
Peso molecular	17.03
Temperatura Crítica	132.4 °C
Presión Crítica	111.5 atm
Calor de Vaporización	1061.0 Cal/g
Densidad en líquido (0°C)	637.8 g/litro
Densidad del Vapor (1 Atm 0°C)	0.7708 g/litro
Temperatura de Ebullición (1atm)	-33.3 °C
Temperatura de Congelación(1 atm)	-77.7 °C

El amoníaco gaseoso es más ligero que el aire, pero a compresión y enfriamiento se vuelve líquido alrededor del 60% tan pesado como el agua. Es rápidamente absorbido en agua sobre concentraciones de 30 a 40% por unidad de peso, resultando un líquido de baja presión de vapor. [26].

Producción de varios materiales Fertilizantes: [24]



Todos los procesos usados para la síntesis del amoníaco son básicamente modificaciones del proceso original de Haber-Bosch en el que el amoníaco es sintetizado desde una mezcla 3:1 volúmenes de Hidrógeno y Nitrógeno a elevada presión y temperatura en presencia de un catalizador de Hierro [26].

Otra forma de aprovechamiento del N₂ es la oxidación directa por medio de descargas eléctricas. El primer paso de esta oxidación es para producir óxidos de que luego deben ser absorbidas en agua para formar ácido nítrico. Este proceso es tan costoso como lo sea la Energía eléctrica, --

por lo tanto se utiliza sobre todo en países como Suecia -- donde la energía es barata, [33].

5.6.10 CARACTERISTICAS DE LAS FUENTES NITROGENADAS EN ESTUDIO

PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

FUENTE	DENSI- DAD -- g/cc	PUNTO DE FUSION - oC	PUNTO DE EBULLI - CION oC	*SOLUBI FRIA	EN AGUA CALIEN- TE	% N	I A/B**
(NH ₄) ₂ SO ₄	1.77	235 D	-	70.6	103.8	20.5	110 A
NH ₄ NO ₃	1.73	170	210	118.3	871.0	33.5	60 A
CO (NH ₂) ₂	1.33	133	D	78.0	-	46	83 A

FUENTE: (26.24)

* solubilidad expresada en g/cc de agua a 0 oC y 100 oC.

** Indice de acidéz o basicidad expresada en Kg de Ca Co₃

Sulfato de amonio. Para la producción de este material se hace reaccionar el amoníaco anhidro con ácido sulfúrico. - El amoníaco puede obtenerse sintéticamente o ser producido - en los hornos de COOKE [24]. Tiene buenas cualidades de ma - nejo y almacenamiento, pero su uso prolongado produce acidi - ficación gradual de suelos no encañados por lo cual se reco - mienda vigilar el pH. de un suelo tratado con este fertili - zante. [33].

Nitrato de amonio. Se obtiene de la combinación de aci -

do Nítrico y Amoniaco presenta la mitad del N en forma amoniacal y la otra mitad en forma nítrica. Su costo de producción es comparativamente alto (24). Es un material muy higroscópico, lo cual dificulta su manejo además cuando se encuentra en contacto con aceites es muy explosivo (33).

Urea. Se produce por la reacción del NH_3 y el CO_2 a presión y temperatura elevada. Contiene el 46% de N por lo que es el material sólido más concentrado. En el suelo reacciona a Carbonato de Amonio, esta reacción es acelerada por la Ureasa. Para que no cause problemas de toxicidad se requiere que contenga menos del 2% de biuret. (33,24).

Velocidad de nitrificación. Para estas fuentes se ha comprobado que en suelos ácidos o ligeramente alcalinos, la urea nitrifica más rápidamente que el sulfato de amonio y a su vez este más rápido que el nitrato de amonio. (11).

En suelos arenosos que reciben altas precipitaciones los nitratos son lavados fácilmente y llevados a profundidades inalcanzables para las raíces, cosa explicada en el b) de las formas que en el N puede perderse. La urea eleva el pH del suelo cuando hidroliza a carbonato de amonio, cosa que ayuda a su rápida nitrificación (26).

Las formas amoniacal y nítrica aplicadas al suelo están sujetas a sufrir cualquiera de las transformaciones biológicas citadas en el ciclo del N. Tales cambios pueden ser para nitratos los pasos siguientes: "L" absorción por las raíces

ces de las plantas "F" reducción a nitritos o incluso "J" --
 desnitrificación. Para las formas amoniacales pueden ocu --
 rrir: "C" inmovilización por microorganismos, "A" "B" nitri --
 ficación o "K" absorción por las raíces de las plantas. --
 [18,26].

La Urea es el material sólido que proporciona N más --
 barato, pero en ocasiones se prefiere S.A. para agregar al --
 go de azufre (20) el S.A. tiene buenas cualidades de manejo,
 pero cuando su almacenamiento es prolongado y en condicio --
 nes de humedad se convierte en piedra y además los costos --
 por fletes son elevados, en cambio es muy poco susceptible --
 a perderse en el suelo. La conversión de Urea a nitrato pue --
 de tomar de una a dos semanas en promedio [32].



V I M A T E R I A L E S

6.1 LOCALIZACION.- El valle de Guadalajara se encuentra comprendido entre las coordenadas $20^{\circ}40'$ y $20^{\circ}38'$ Latitud norte. $103^{\circ}20'$ y $103^{\circ}19'$ Longitud Oeste del meridiano de Greenwich. Con una altura sobre el nivel del mar de 1552 a 1593.

De acuerdo con la clasificación de *tornthwaite* su clima se define como: B' (lip) B' 2(a'), subhúmedo con invierno y primavera secos; semicálido sin variaciones notables de temperatura a través del año. Normalmente se presentan 3 granizadas al año. Las lluvias con carácter tempestuoso se presentan en promedio de 13 al año. La precipitación está sobre 900 mm al año.

Geológicamente todos los terrenos que constituyen el valle son de origen volcánico y se derivan de emisiones de cenizas y lapilli del volcán conocido como "Cerro del Colli".

Se presentan dos formaciones Orográficas constituidas por los cerros de "El Cuatro" y de "El Gachupin", pero por lo general los terrenos son sensiblemente planos, con ligera pendiente hacia el norte. Las rocas más comunes son, Tobas de grano grueso y de carácter pomozo, conocidas como --jal. [Referencia 23].

6.2 Los genotipos empleados fueron descendientes de la variedad B-666, misma ampliamente recomendada por sus características favorables, su ciclo es de 150 días, bajo el sistema de producción de humedad residual.

6.3 SUELOS. [23] Sobre estos suelos han actuado los factores genéticos de forma homogénea, así como el origen común de éstos ha producido que sus características sean extraordinariamente semejantes en cuanto a textura, arreglo de horizontes, características químicas y grado de intemperización.

PERFIL REPRESENTATIVO.

HORIZONTE CARACTERISTICAS.

- | | |
|----------------|---|
| A ₁ | Se encuentra de 0 a 24 cm. de profundidad, color café claro, textura gruesa, sin estructura, - -
suelto, muy poroso con drenaje eficiente. |
| A ₂ | Se encuentra de 24 a 45 cm. de profundidad, color café claro, textura gruesa, sin estructura,
suelto, muy poroso con drenaje eficiente. |
| B | Se encuentra de 45 a 67 cm. de profundidad, su color varía de café claro a café oscuro, textura gruesa, estructura ligeramente desarrollada,
suelto, poroso con drenaje eficiente. |
| C | A más de 67 cm. de profundidad se encuentra el material de partida, es Jal, de color café y - - |

gris, permeable con drenaje eficiente.

Por lo general la profundidad de estos suelos es poco menor de 100 cm. color café claro, texturas gruesas desde arenas a franco arenosos, perfiles con dos o tres horizontes desarrollados sobre la toba de base es suelta pero de grano grueso, con poco desarrollo de estructura, ligeras variaciones en color y compacidad. La topografía es sensiblemente plana. Los ataques por erosión con considerables cuando en los meses de Marzo y Abril el viento ataca superficies preparadas para la siembra.

Características Físicas y Químicas de los suelos que soportaron los experimentos: Sitio A y Sitio C.

DETERMINACION	SITIO A	SITIO C
TEXTURA	F	Fa
ARENA	48.2	62.2
LIMO	21.8	15.8
ARCILLA	30.0	22.0
AGUA EQUIVALENTE	19.5%	14.5%
M.O.	1.24%	1.03%
pH	4.1	4.4
NUTRIMENTOS		
CALCIO	BAJO	BAJO
POTASIO	ABUNDANTE	EXTRARICO

MAGNESTO	BAJO	BAJO
MANGANESO	BAJO	MEDIO
FOSFORO	MEDIO	MEDIO
N-NITRATOS	MEDIO ALTO	MEDIO
N-AMONIACAL	MEDIO	MEDIO

Los análisis de los suelos se efectuaron en el laboratorio de suelos y apoyo técnico de la Cuenca Lerma-Chapala-Santiago, de acuerdo a los métodos de rutina para estas determinaciones.

De acuerdo con estos datos y la revisión de literatura podemos esperar respuesta a la aplicación de N, puesto que su contenido es medio. También debemos notar que en el suelo existe potencial para producir algo de cosecha, sin aplicación de fertilizante.

La profundidad del suelo es adecuada para la aplicación de fertilizantes, la textura gruesa y el régimen de precipitación, propician un lavado intensivo del suelo cuando se presentan lluvias tempestuosas, cosa que provoca pérdidas de solutos, quedando en desventaja la fuente NH_4NO_3 por su alta solubilidad.

Tomando en cuenta que los suelos sufren erosión eólica, podemos esperar que una parte del N del suelo se pierda por este concepto. Los valores de pH no favorecen la nitrificación, ni la fijación de N, aunque es adecuado para evitar -

la volatilización de NH_3 , este hecho dá algo de ventaja a las formas amoniacaes.

El Potencial REDOX de estos suelos no fue determinado pero de acuerdo a las condiciones de textura gruesa y drenaje excesivo el valor de este potencial debe ser positivo, o sea más afín a la oxidación.

6.4 Los sitios de los experimentos, se eligieron terrenos que en todos los años se cultivan con maíz, la ubicación de los experimentos fue aproximadamente al centro de cada potrero. El sitio A se localizó al Sur de la Escuela de Agricultura aproximadamente 500 m. por el camino que une a ésta con la carretera Internacional Guadalajara-Nogales, y 200 m. hacia el Este, quedando en el predio de Don Pedro Hidalgo. Los sitios "B" y "C" fueron establecidos en la propiedad de Don Juan López, ubicándose el "B" al Este de la Escuela de Agricultura, por el camino que va hacia la Mojonera aproximadamente 2000 m, y hacia el Sur 100 m. El sitio "C" quedó también al Este de la Escuela de Agricultura por el mismo camino a 3000 m. y hacia el Sur 800 m.

6.5 Los materiales fertilizantes, el experimento incluyó el manejo de 5 materiales fertilizantes:

SULFATO DE AMONIO	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	(S.A.)
NITRATO DE AMONIO	NH_4NO_3	(N.A.)
U R E A	NH_2CONH_2	(U.)

SUPER FOSFATO DE CALCIO TRIPLE	$\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2$	(S.T.)
FOSFATO DIAMONICO	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	(F.D.)

Con estos materiales se hicieron las combinaciones de los 3 Nitrogenados, por los dos fosfóricos, resultando 6 -- combinaciones de fuentes fertilizantes.

En las combinaciones de F.D. con S.A., N.A. y U. se -- consideró que para el tratamiento 120-40-00 el F.D. aportaría 15.65 Kg. de N. y el resto (120-15.65) de la dosis de N se proporcionó por S.A., N.A. y U. por lo cual éstas fuentes aportaron 104.35 Kg. de N.

V I I DISEÑO Y EJECUCION DEL EXPERIMENTO

El objetivo del experimento era determinar el rendimiento que se alcanza con cada una de las fuentes nitrogenadas en estudio, para luego comparar los rendimientos entre fuentes y determinar si es que existen diferencias significativas entre éstas.

El diseño experimental fue en BLOQUES COMPLETOS AL AZAR para cada sitio, teniendo un total de diez TRATAMIENTOS:

M A T E R I A L		TRATAMIENTO
<u>N</u>	<u>P</u>	
S.A.	S.T.	120-40-00
S.A.	F.D.	120-40-00
N.A.	S.T.	120-40-00
N.A.	F.D.	120-40-00
U	S.T.	120-40-00
U	F.D.	120-40-00
S.A.	S.T.	60-20-00
S.A.	S.T.	240-80-00

Los otros dos tratamientos fueron testigos, uno sin aplicación de fertilizantes y otro tratado por el agricultor, en el cual se utilizan varias fuentes de N, tales como S.A. en la primera aplicación y N.A. en la segunda, todo el

fósforo por S.T. o en ocasiones F.D.

Los tratamientos se aplicaron aleatoriamente a cada uno de los tres bloques en que consistió el experimento en cada sitio.

Para identificar interacciones entre sitios por tratamientos, así como diferencias entre sitios se planeó un análisis en PARCELAS DIVIDIDAS, tomando sitios como parcela grande y tratamientos como parcelas chicas.

Las parcelas experimentales fueron de cuatro surcos a 0.80 m. de distancia entre ellos, con una longitud de 8 m. Para cada bloque se contó con una repetición de cada tratamiento, por tanto, cada bloque contó con diez parcelas.

Siembra. Fue realizada por el productor con maquinaria con una densidad de 22 Kg/Ha., durante la última semana de abril. El control de plagas del suelo se realizó con FURA-DAN 5% G a razón de 20 Kg/Ha. No se realizó ninguna aplicación de fertilizante en la siembra.

Fertilización. La primera aplicación se realizó en la segunda y tercera semana de junio aproximadamente 40 días después de la emergencia, esta aplicación consistió en todo el fósforo y la tercera parte del N. Simultáneamente se dio la primera escarda que además sirvió para cubrir el fertilizante. El método de aplicación fue en bandas a 5 cm. de distancia de la hilera de plantas, a una profundidad de 5 cm. o un poco mayor.

La segunda aplicación se efectuó en la segunda semana de julio entre 65 o 70 días después de la nacimiento, tal aplicación fue similar a la primera en cuanto al método, pero en este caso se aprovechó la segunda escarda. La dosis fue dos terceras partes del N.

La conducción física del experimento consistió en visitar frecuentemente los sitios en forma intensiva para cuidar de ataques de plagas de follaje, así como de emergencia de malas hierbas.

La cosecha se realizó solamente en la parcela útil que fueron los dos surcos centrales de cada parcela, a los cuales se les deshechó un metro en cada extremo quedando una superficie de $2 \times 6 \times 0.8 = 9.6 \text{ m}^2$

Para efectuar la cosecha se realizó primero la determinación de la parcela útil, luego se colectaron las mazorcas, se contaron y pesaron en el mismo sitio.

Se estimó que la humedad era del 14% o menor, por lo cual se procedió a determinar el factor de conversión de mazorca a grano de malz, tal factor resultó de la división del peso en grano del producto de 15 mazorcas por el peso de las mismas 15 mazorcas antes de desgranar el cociente resultó 0.82.

Con la ayuda de este factor se realizaron las conversiones entre peso de mazorca a peso en grano y tomando en consideración la superficie de la parcela útil (9.6 m²) se-

tradujeron los resultados a Kg/Ha. de grano de malz para -- todos los tratamientos y sitios.

En los resultados obtenidos se dieron como perdidos -- los tratamientos regionales del sitio "B" el cual vió redu cido el número de tratamientos a nueve.

Con respecto al sitio "A" se dió un bloque por perdido, quedando el diseño con solo dos bloques completos.

Respecto a la época de aplicación se puede considerar que la primera fue adecuada tomando como referencia que los análisis para N disponible resultaron medios, por otro lado en las siembras de Humedad Residual resulta riesgoso colocar el fertilizante al mismo tiempo que la semilla, por tanto las aplicaciones se efectúan cuando se tiene la certeza de un número adecuado de plantas.

La segunda aplicación se realizó antes de la floración y por ese motivo se espera respuesta a dicha aplicación.

La respuesta a la segunda aplicación se espera mayor para N.A. y U. que para S.A.

El método de aplicación resulta adecuado para distribuir el fertilizante en forma homogénea para cada surco y además lo deja localizado cerca de las raíces de las plantas de ese surco, con esto se pretende que las plantas no asimilen nutrimentos de otros surcos.



ESCUELA DE AGRICULTURA
BIBLIOTECA

V I I I ANALISIS DE RESULTADOS

VIII ANALISIS DE RESULTADOS

CUADRO 1 - RENDIMIENTO OBTENIDO PARA CADA PARCELA EN TON/HA DE GRANO DE MAIZ

TRATAMIENTO	SITIO "A"		SITIO "B"			SITIO "C"		
	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III	BLOQUE I	BLOQUE II	BLOQUE III
SA ST	5.260	5.060	6.200	5.400	6.420	5.260	4.320	2.480
SA FD	4.380	4.400	6.200	5.800	5.750	3.520	5.760	4.480
NA ST	4.630	4.760	6.870	6.700	6.350	4.120	2.080	1.520
NA FD	5.200	3.940	6.600	7.450	6.300	5.920	6.200	5.360
U ST	5.720	4.660	6.800	6.370	6.950	4.720	6.800	5.220
U FD	4.680	6.480	5.900	5.950	6.860	4.280	6.800	6.560
240-80-00 (SA/ST)	5.420	5.360	6.500	6.380	6.900	6.580	2.360	7.240
60-20-00 (SA-ST)	3.840	3.520	4.950	4.560	4.950	5.440	5.200	4.240
TESTIGO 00-00-00	3.785	3.297	3.950	3.000	3.750	3.510	3.755	5.418
TESTIGO REGIONAL	6.890	5.970	-----	-----	-----	6.390	4.850	3.062

En el experimento ubicado en el predio de Don Pedro -- Hidalgo, se obtuvieron las siguientes medias para tratamientos:

TESTIGO REGIONAL	6.430 Ton/Ha
240-60-00 (S.A., S.T.)	5.390 Ton/Ha
UREA	5.385 Ton/Ha
SULFATO	4.775 Ton/Ha
NITRATO	4.632 Ton/Ha
60-20-00 (S.A., S.T.)	3.680 Ton/Ha
TESTIGO (00-00-00)	3.632 Ton/Ha

Las primeras tres medias sobresalen a las demás en forma apreciable en este sitio.

CUADRO 2. Análisis de Varianza para el rendimiento en grano de maíz en Ton/Ha en el predio de Don Pedro Hidalgo. - El diseño es BLOQUES COMPLETOS AL AZAR. Como tratamientos se consideraron solamente siete, debido a que se tomó el promedio del rendimiento de S.A., N.A. y U. con S.T. y F.D.

	<u>GL</u>	<u>SC</u>	<u>CM</u>	<u>FC</u>	<u>FT(0.05)</u>
BLOQUES	1	0.30695	0.30695	3.5388	5.99 NS
TRATAMIENTOS	6	12.41519	2.06920	23.855	4.28 **
ERROR	6	0.52043	0.08674		
TOTAL	13	13.24258			

$$\mu = 4.846 \quad C.V. = 6.44 \%$$

De acuerdo al valor de F calculado, la varianza asociada con los tratamientos resultó ser altamente significativa, respecto a la varianza total del experimento, por lo que se infiere que existe efecto de los tratamientos sobre las unidades experimentales.

CONTRASTES ENTRE MEDIAS

TESTIGO REGIONAL	6.430	Ton/Ha	Para las comparaciones entre las medias se aplicó la prueba de - -
240-60-00 (S.A.,S.T.)	5.390	"	DUNCAN. La primer diferencia sig-
UREA	5.385	"	nificativa se detectó al comparar la media mayor contra la que ocu-
SULFATO	4.775	"	pó el sexto lugar en orden decre-
NITRATO	4.632	"	ciente, el valor de DUNCAN para -
60-20-00 (S.A.,S.T.)	3.680	"	esta comparación fue de 2.1457; -
TESTIGO (00-00-00)	3.632	"	la diferencia entre $X_7 - X_6$ fue - de 2.75

La conclusión de los contrastes entre las medias de -- tratamientos es que las primeras cinco medias en orden decreciente son iguales a la media mayor. Las diferencias entre la segunda media contra las demás no resultaron significativas - en ningún caso.

Las medias encontradas en el experimento que se desarro lló en el predio de Don Juan López (Sitio B), fueron las si - guientes:

NITRATO	6.712 Ton/Ha
240-60-00 (S.A.,S.T.)	6.593 Ton/Ha
UREA	6.487 Ton/Ha
SULFATO	5.963 Ton/Ha
60-20-00 (S.A.,S.T.)	4.820 Ton/Ha
TESTIGO (00-00-00)	3.567 Ton/Ha

CUADRO 3. Análisis de Varianza para el rendimiento en grano de Maíz en Ton/Ha en el sitio "B", propiedad de Don Juan López. El diseño es BLOQUES COMPLETOS AL AZAR. En este caso solamente se contó con seis tratamientos, no se muestreó el testigo regional.

<u>FV</u>	<u>GL</u>	<u>SC</u>	<u>CM</u>	<u>FC</u>	<u>FT(0.05)</u>
BLOQUES	2	0.46004	0.23002	2.138	4.10 N.S
TRATAMIENTOS	5	23.43008	4.68602	43.554	3.33 **
ERROR	10	1.07589	0.10758		
TOTAL	17	24.96601			

$$\mu = 5.687 \quad C.V. = 5.77 \%$$

La variación reconocida para los tratamientos resultó altamente significativa, respecto a la variación total del experimento, por lo que se considera un efecto debido a los tratamientos.

CONTRASTES ENTRE MEDIAS

NITRATO	6.712	Ton/Ha	Para determinar si existen diferencias significativas entre las medias se les aplicó la prueba -
240-80-00 (S.A., S.T.)	6.593	"	de DUNCAN. El valor de DUNCAN --
UREA	6.487	"	para comparar la media mayor con
SULFATO	5.963	"	tra la media que ocupa el cuarto
60-20-00 (S.A., S.T.)	4.820	"	lugar en orden decreciente fue -
TESTIGO (00-00-00)	3.567	"	0.35 que es menor que la diferen
			cia entre estas medias, por tan
			to se considera como diferencia-
			significativa.

Por lo anterior se considera que las primeras tres medias son iguales, las siguientes medias que ocupan los lugares cuarto, quinto y sexto son diferentes entre sí.

Las medias encontradas en el sitio "C" del predio de Don Juan López en Ton/Ha de grano de Maíz.

TESTIGO REGIONAL	6.430	Ton/ha
240-80-00 (S.A., S.T.)	5.390	Ton/ha
UREA	5.385	Ton/ha
SULFATO	4.775	Ton/ha
NITRATO	4.775	Ton/ha
60-20-00	3.680	Ton/ha
TESTIGO (00-00-00)	3.633	Ton/ha

CUADRO 4. Análisis de Varianza para el rendimiento de Malz en grano en el experimento de Don Juan López (sitio C), el diseño BLOQUES COMPLETOS AL AZAR.

<u>FV</u>	<u>GL</u>	<u>SC</u>	<u>CM</u>	<u>FC</u>	<u>FT (0.05)</u>
BLOQUES	2	1.0008	0.27369.	0.1209	3.55 N.S.
TRATAMIENTOS	6	6.10829	3.66335	1.6194	2.46 N.S.
ERROR	12	28.13719	2.26209		
TOTAL	20	35.24629			

$$\mu = 4,823 \quad C.V. = 31.75 \%$$

La característica más sobresaliente de este experimento fue su alta variabilidad por fuentes no identificadas -- (E.E.) la cual se refleja en un coeficiente de variación -- (C.V. igual a 31.75 %, esto resta validez a los resultados encontrados debido a que el C.V. rebasa el límite establecido como aceptable para experimentos de este tipo.

Para encontrar diferencias significativas se practicó la prueba de DUNCAN, puesto que esta prueba no requiere que la F calculada para tratamientos sea significativa. De acuerdo con la prueba de DUNCAN no se encontraron diferencias significativas entre ninguna de las medias, por lo que se considera que todas las muestras pertenecen a la misma población y pueden ser representadas por la media de dicha población.

En un intento de identificar variación debida a las fuentes de Fósforo se realizó un Análisis de Varianza, to -

mando los diez tratamientos del sitio C, que aparecen en el cuadro 1, el Análisis de Varianza aparece en el Cuadro 5.

CUADRO 5

<u>FV</u>	<u>GL</u>	<u>SC</u>	<u>CM</u>	<u>FC</u>	<u>FT(0.05)</u>
BLOQUES	2	0.54738	0.27369	0.1209	3.55 N.S.
TRATAMIENTOS	9	32.9702	3.66335	1.6194	2.46 N.S.
ERROR	18	40.71768	2.26209		
TOTAL	29	74.23527			

Los resultados de este Análisis no arrojan datos distintos a los encontrados y discutidos en el Análisis del Cuadro 4, por lo cual solo se reitera que la variación fue muy alta para este sitio, C.V. = 32.69 %.

Con el propósito de realizar un Análisis más completo de los resultados, se practicó un diseño en PARCELAS DIVIDIDAS, en el cual se consideraron dos factores y la interacción.

Como factor (A) se tomaron los sitios y se identificaron con la parcela grande. El factor (B) se asoció con la parcela chica y los tratamientos fueron los que se probaron en esta parcela.

Los tratamientos y sus medias se presentan a continuación:

UREA	5,9275	Ton/Ha
240-80-00 (S.A.,S.T.)	5,8425	Ton/Ha
NITRATO	5,2494	Ton/Ha
SULFATO	5,0431	Ton/Ha
60-20-00 (S.A.,S.T.)	4,5875	Ton/Ha
TESTIGO (00-00-00)	3,8706	

Las medias son tomando todos los valores que aparecen en el cuadro 1 por los tratamientos mencionados.

CUADRO 6. Análisis de Varianza para el rendimiento de grano de Maíz en Ton/Ha, el diseño PARCELAS DIVIDIDAS, con tres sitios y seis dosis de fertilización.

<u>FV</u>	<u>GL</u>	<u>SC</u>	<u>CM</u>	<u>FC</u>	<u>FT(0.01)</u>	
SITIOS (A)	2	14.5591	7.2795	27.84	3.27	* *
ERROR (A)	5	1.3099	0.26198			
TOTAL (A)	7	15.869				
DOSIS (B)	5	27.938	5.5876	4.7161	3.86	* *
INTERACCION (AXB)	10	3.9655	0.39655	0.3347	2.24	N.S.
ERROR (B)	25	29.6198	1.184792			
TOTAL (B)	47	76.0824				

Los sitios introdujeron una variación que se califica de altamente significativa, pero no se detectaron diferencias entre las medias de los sitios por la prueba de DUNCAN, esto pudo deberse a que no se restó la variación entre los bloques. Para el factor (B) también se encontró una variación

altamente significativa, pero en este caso sí se encontraron diferencias significativas.

<u>TRATAMIENTO</u>	<u>MEDIA</u>	<u>TON/HA</u>
UREA	5.9275	" El cálculo del valor de DUNCAN - dió como resultado 1.2338 para -
240-80-00 (S.A.,S.T.)	5.8425	" comparar la media mayor contra - la que ocupa el quinto lugar en -
NITRATO	5.2494	" forma decreciente, por lo que se considera que la diferencia es -
SULFATO	5.0431	" significativa. Luego se encontró que las medias tercera, cuarta y -
60-20-00 (S.A.,S.T.)	4.5875	" quinta no son diferentes entre - sí. Las dos últimas medias son -
TESTIGO (00-00-00)	3.8706	" iguales.

Las diferencias entre medias muestran que las cuatro primeras medias no son diferentes. La tercer media (NITRATO) no es diferente de la cuarta (SULFATO) ni de la quinta (60-20-00), pero sí lo es de la sexta. La media de (SULFATO) que ocupa el cuarto lugar forma parte del conjunto de las cuatro medias que obtuvieron el mayor rendimiento, por otra parte no es diferente de la quinta. La media que ocupa el sexto lugar solamente no tiene diferencia significativa con la media quinta.

La interacción entre factores (AX3) no resultó signi -

ficativa, por tanto se infiere que todas las Dosis y fuentes de fertilización se comportan en forma similar en cualquier sitio de los muestreados.

El coeficiente de variación resultó ligeramente más -- alto de lo deseable, lo cual se atribuye a la inclusión del sitio C, el cual incrementó la variación total.

El objetivo central de este trabajo es determinar cual fuente de N de es la que produce mejores rendimientos, se -- planeó un Análisis de las medias de S.A., N.A. y U. cuando se asociaron con S.T. y F.D. Este Análisis fue considerando los ocho bloques.

CUADRO 7. Análisis de Varianza para el rendimiento en grano de Maíz, en BLOQUES COMPLETOS AL AZAR.

<u>FV</u>	<u>GL</u>	<u>SC</u>	<u>CM</u>	<u>FC</u>	<u>FT(0.05)</u>
BLOQUE	7	15.64246	2.234637	4.473	2.77 . *
TRATAMIENTO	2	3.42538	1.71269	3.428	3.74 N.S.
ERROR	14	6.99424	0.400588		
TOTAL	23	26.06268			

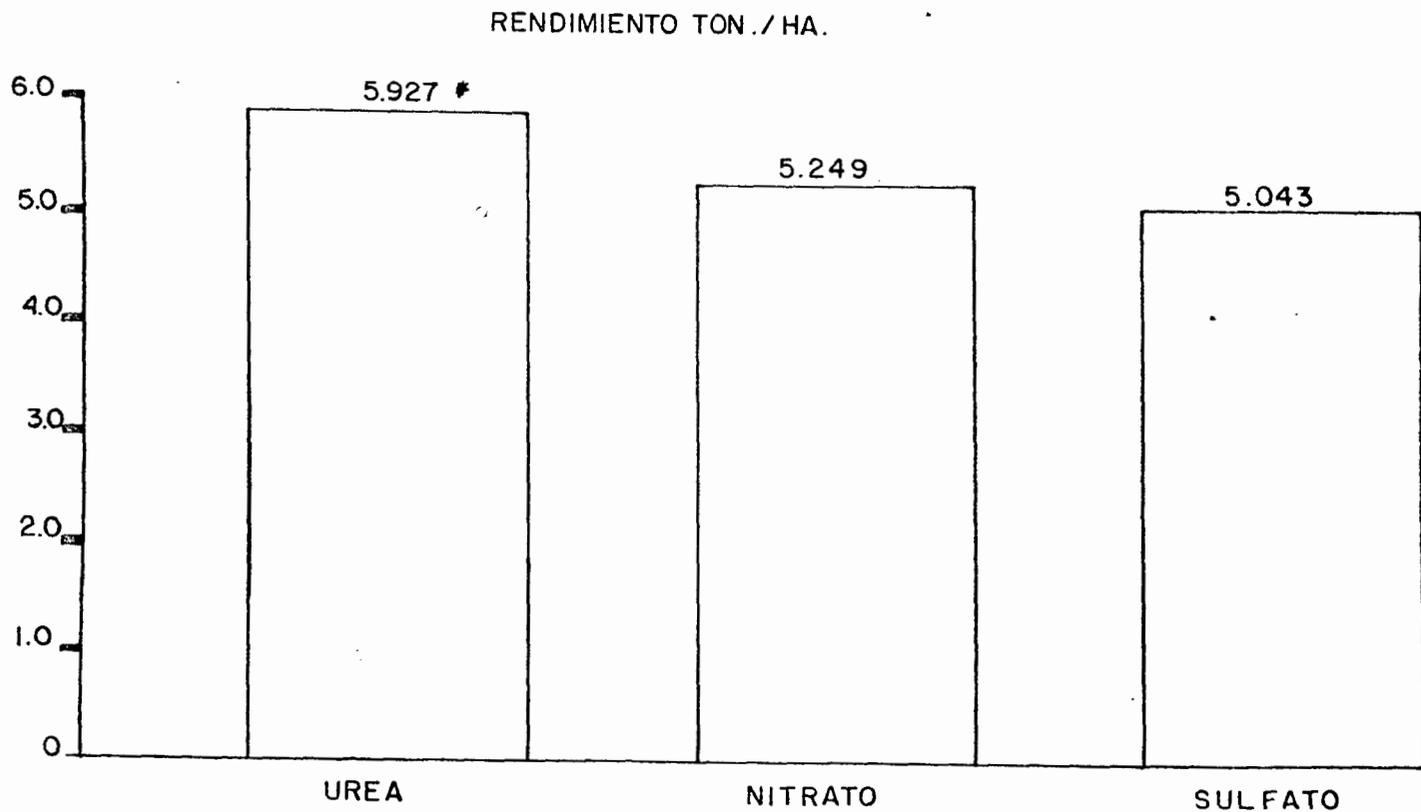
$$\mu = 5.407 \quad C.V. = 13.07 \%$$

La diferencia entre bloques es significativa, pero en el caso de los tratamientos quedó muy cerca de alcanzar significación. Sin embargo es adecuado aplicar la prueba de -- DUNCAN para las diferencias entre medias.

TRATAMIENTO	MEDIA	TON/HA
UREA	5.9275	" El valor de DUNCAN para la primera comparación -
NITRATO	5.2494	" fue 0,5733, por tanto la diferencia es significativa
SULFATO	5,0431	" tiva solo contra la primera media.

En la FIGURA 1 se muestran los rendimientos obtenidos con cada fuente de N, destacándose la diferencia significativa de la UREA.

FIG. 1



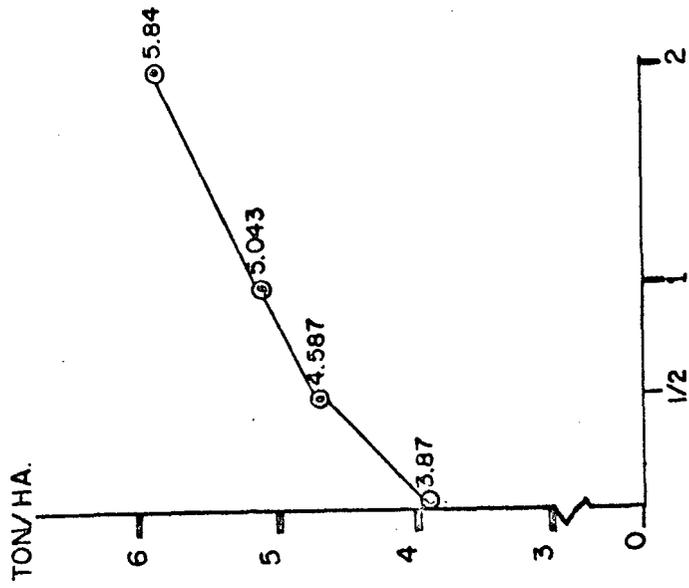
* RENDIMIENTO SIGNIFICATIVAMENTE SUPERIOR A LOS OTROS

En la FIGURA 2 se muestran los rendimientos que se obtuvieron con las diferentes dosis de fertilización con S.A. - y S.T.

TRATAMIENTO	EN LA FIGURA	RENDIMIENTO
TESTIGO (00-00-00)	0	3.870 Ton/Ha
60-20-00	1/2	4.587 "
120-40-00	1	5.043 "
240-80-00	2	5.842 "

Es notorio un incremento en la producción cuando se incrementa la dosis de fertilización, así como el potencial del suelo cuando no se fertiliza.

FIG 2



PROBABILIDAD DE LA HIPOTESIS NULA

$$H_0: 3\mu(\text{Testigo } 00-00-00) - [\mu(\text{SA}) + \mu(\text{NA}) + \mu(\text{U})] = 0$$

$$H_a: 3\mu(\text{Testigo } 00-00-00) \neq \mu(\text{SA}) + \mu(\text{NA}) + \mu(\text{U})$$

$$\text{Cálculo para } H_0: 3(3.871) - [5.043 + 5.249 + 5.927] = 0$$

$$11.613 - 16.219 = -4.606$$

$$\text{entonces D.M.S.} = T(0.001) \sqrt{\frac{2[1.184792]}{8}}$$

$$|4.606| > 3.725 \quad \text{D.M.S.} = 3.725(0.5442) = 3.725$$

La diferencia entre tres veces la media del Testigo contra la suma de las medias de los tratamientos: SA, NA y U, resulta mayor que la mínima requerida para una probabilidad de 1 en mil. Por tanto se concluye que la Hipótesis nula - - tiene una probabilidad de ser verdadera en mil ocasiones. En cambio se acepta la Hipótesis alternante:

$3\mu_T = \mu_{SA} + \mu_{NA} + \mu_U$ con probabilidad de 999 casos en -- mil, se obtiene respuesta a estos niveles de fertilización.

BENEFICIOS POR CONCEPTO DE FERTILIZACION

Beneficios en rendimiento cuando se emplea SA:

Rendimiento sin fertilización = 3.8706 Ton/Ha

Rendimiento con fertilización = 5.0431 Ton/Ha

Incremento en Rendimiento = $5.0431 - 3.8706 = 1.1725$ Ton/Ha

Incremento en Rendimiento = 1.1725 TON = 0.00977 TON

Kg de N aplicados 120Kg

9.77 Kg de maíz por Kg de N

Beneficios en rendimiento cuando se utiliza N.A.:

Rendimiento sin fertilización = 3.8706 Ton/Ha

Rendimiento con fertilización = 5.2494 Ton/Ha

Incremento en Rendimiento = $5.2494 - 3.8706 = 1.3785$

1.3785 = 0.01149 TON

120

Por tanto 1 Kg de N cuando se aplican 120 en forma de N.A. -
equivalen a 11.49 Kg de grano de maíz.

Beneficios en rendimiento cuando se aplica U:

Rendimiento sin fertilización = 3.8706 Ton/Ha

Rendimiento con fertilización = 5.9275 Ton/Ha

Incremento en Rendimiento = $5.9275 - 3.8706 = 2.0569$ Ton/Ha

2.0569 = 0.01714 TON

120

17.14 Kg de grano de maíz se obtienen por cada Kg de N en -
forma de Urea.

La conclusión es que cuando se utiliza U. cada Kg de N se convierte en una mayor cantidad de granos de Maíz que cuando el N es aplicado por medio de N.A. o S.A.

A continuación en base a lo anterior se presentan los beneficios económicos calculados en base a el precio del -- Maíz contra el costo de los fertilizantes aplicados.

Beneficios Económicos cuando se fertiliza con las fuentes - de N en estudio.

$$\begin{aligned} \text{Costo de 1 Kg en S.A.} &= \frac{\text{precio por Ton de S.A.}}{\text{Contenido en } \underline{N}} = \\ & \frac{\$ 5075}{205} = \$ 24.8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de 1 Kg de N en N.A.} &= \frac{\text{precio por Ton de N.A.}}{\text{Contenido en } \underline{N}} = \\ & \frac{\$ 8578}{33.5} = \$ 25.6 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de 1 Kg de N en U} &= \frac{\text{precio por Ton de U}}{\text{Contenido en } \underline{N}} = \\ & \frac{\$ 10655}{460} = \$ 23.2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Costo de 1 Kg de } P_2O_5 \text{ en S.T.} &= \frac{\text{precio por Ton de S.T.}}{\text{Contenido en } P_2O_5} = \\ & \frac{\$ 12475}{460} = \$ 27.119 \end{aligned}$$

Estos precios son libre a bordo en las bodegas de los - distribuidores de FERTIMEX. Se considera que los costos fi -

jos de producción de una Ha. de maíz ascienden actualmente a \$ 35000, según estimaciones realizadas para la zona por la SARH. El precio de garantía del Maíz es de \$ 10200 por tonelada.

El cálculo del beneficio económico se hará en base a: Incremento en Rendimiento multiplicado por el precio de garantía, dividido por el incremento en costos por concepto de fertilización, Kg de N por su precio, más Kg de P_2O_5 por su precio.

Quando se fertiliza con S.A. el incremento en rendimiento es = 1.1725 TON y el beneficio económico $(1.1725) \cdot (10200) = \$ 11,959.5$. El incremento en costos es

$$120(24.8) + 40(27.12) = 2976 + 1084 = 4060.8 \quad \frac{11959.5}{4060.8} = 2.945$$

Por lo que cada peso de incremento en el costo del cultivo que se invierte en fertilizante se multiplica por 2.945 en la producción, cuando se emplea (S.A. u S.T.)

Quando se emplea N.A.: Incremento en Rendimiento es 1.3785 TON con un valor de \$ 14060.7. El incremento en costos fue: $120(25.6) + 40(27.12) = \$ 41568$

$$\frac{14060.7}{4156.8} = 3.38$$

Cada peso invertido en fertilizante (NA-ST) se convierte en un incremento del beneficio igual a \$ 3.38.

Quando se aplica U: Incremento en rendimiento es - - -

2.0569 TON con un valor de \$ 20980,38 el incremento de los-
 costos es $120(23.2)+40(27.12)+\$3868.8$ $\frac{2.0980.38}{3868.8} = 5.42$

Cada peso invertido en fertilización se convierte en -
 \$ 5.42 en incremento de producción.

En base a esto se puede afirmar que la UREA produce --
 mayor beneficio económico por cada peso invertido.

Cálculo de los beneficios netos por concepto de ferti-
 lización.

La utilidad para Ha. de producción de maíz es: costos-
 fijos = \$ 35000 calculada a partir de la producción del tes-
 tigo 00-00-00 por el precio de garantía. Valor de la produc-
 ción = \$ 39480.15. Utilidad = $39480.15 - 35000 = \$4480.15/Ha.$

Los beneficios netos son calculados de la siguiente --
 manera:

Cuando se utiliza S.A: Costo total es $35000+4156.8=39060.80$

Valor de la producción = $5.0431(10200) = 51439.65$

$51439.6 - 39060.80 - 4480.15 = \7898.75 de beneficio económico neto

Cuando se emplea N.A.:

Costo total $35000+4156.8 = \$39156.8$

Valor de la producción

$5.2494(10200) = \$53543.90$

Beneficio neto = \$ 9906.05

Cuando se aplica U:

Costo total $35000 + 4156,8 = \$38868,8$
 Valor de la producción $\$60460,5$
 Beneficio económico neto $= \$17111,55$

CUADRO 8 COMPARACION DE RESULTADOS

	KgMaíz/KgN	Beneficio por peso invertido	* Beneficio neto - por Ha. (\$)
UREA	17.14	5.42	17,111.55
NITRATO	11.49	3.38	9,906.05
SULFATO	9.77	2.95	7,898.7

* Este cálculo es similar al empleado para conocer la tasa de retorno al capital variable (34)

IX CONCLUSIONES

9.1 De acuerdo con la probabilidad de ocurrencia de la hipótesis nula (0.001) se infiere que existe buena respuesta a la aplicación del tratamiento 120-40-00.

9.2 Las diferencias entre las características de las fuentes aplicadas a los suelos del Valle, se reflejaron en rendimientos desiguales de maíz, a los cuales se aplicó la misma dosis de N.

9.3 La prueba con diferentes dosis, resultó significativa cuando se comparó la media de 240-80-00 contra la de 60-20-00, sin embargo, no se detectaron diferencias significativas con la media de 120-40-00 contra ninguna de estas.

9.4 Cuando se aplicaron 120 Kg de N en forma de U. los rendimientos fueron semejantes a 240 Kg de N en forma de S.A. para todos los sitios.

9.5 Los incrementos en rendimiento obtenidos cuando se aplicó el tratamiento 120-40-00, calculados con respecto al testigo absoluto fueron: 1.172, 1.378 y 2.057 Ton/Ha., respectivamente para S.A., N.A. y U. Estos incrementos fueron divididos por 120 con el objeto de conocer el incremento promedio por Kg de N para cada fuente, encontrándose los siguientes resultados: 9.77, 11.49 y 17.14 Kg de maíz res -

pectivamente para S.A., N.A. y U.

9.6 El beneficio neto obtenido con cada fuente resultó: \$ 7,898.7, \$ 9,906.05 y \$ 17,111.6 respectivamente para S.A., N.A. y U. El procedimiento utilizado para calcular el beneficio neto es similar al de la tasa de retorno al capital variable citada en (34), aunque su valor es ligeramente más alto que el estimado por ésta. Para igualar los valores se necesita agregar al costo del fertilizante fletes y manobras, también costos de cosecha que se incluyeron en los costos fijos, al producto debe adicionarse el valor de los esquilmos. Pero considerando que tales costos son similares para las fuentes es adecuado compararlas en base al beneficio neto.

9.7 Las condiciones climáticas, edáficas y en especial la época de aplicación, propiciaron una respuesta muy favorable a la dosis de U., la cual queda como la mejor y más ampliamente recomendada de las tres comparadas.

9.8 Como punto importante para investigar sobresale el de la época de aplicación de los fertilizantes en el Valle de Guadalajara.

X RECOMENDACIONES

10.1 Para las aportaciones de N utilizar Urea como fuente principal, especialmente cuando las aplicaciones se efectúen en la primera y segunda escarda.

10.2 Antes de la siembra realizar una evaluación del nivel de fertilidad del suelo, con el fin de saber si existe una cantidad adecuada de N para el inicio del desarrollo del cultivo.

10.3 Aplicaciones de materiales orgánicos lo más inmediato posible después de que el cultivo terminó su ciclo, con el propósito de que los microorganismos dispongan de abundante sustrato y tiempo para efectuar las transformaciones.

10.4 Para asegurar un abastecimiento adecuado de Urea, puede hacerse una petición a los distribuidores de FERTIMEX con mucha anticipación a la siembra.

10.5 Se trate de elevar el pH de estos suelos, lo cual probablemente facilite una mejor respuesta a la aplicación de fertilizantes.

10.6 Prevenir la erosión eólica, con lo cual se evitaría una pérdida neta de N del suelo en la época anterior a la siembra.

10.7 Sugerir a Fertimex que elabore productos que impliquen procesos más sencillos con el fin de economizar - energéticos, así como manejar productos de alta concentración.

10.8 Tomando en consideración que la Urea resultó la mejor fuente de las estudiadas, será necesario investigar - diferentes dosis y épocas de aplicación, así como las condi ciones que ayudan a mejorar la eficiencia de esta fuente de N, para realizar un uso más racional de la misma.



X I R E S U M E N

En los suelos del Valle de Guadalajara se realizó un experimento crítico, en el cual se pretendió probar la hipótesis acerca de la diferente eficiencia de tres distintas fuentes de fertilización nitrogenada. Las fuentes comparadas fueron: S.A., N.A. y U, aplicadas en la cantidad de 120 Kg de N, acompañadas de 40 Kg de fósforo. El cultivo fue el maíz de Humedad, que es el cultivo más importante de este Valle.

El experimento se desarrolló durante el ciclo primavera-verano de 1981, consistió en tres experimentos arreglados en bloques completos al azar con tres repeticiones en tres sitios ubicados dentro del Valle.

Los resultados se analizaron en forma independiente para cada uno de los tres sitios y tomando los resultados de todos los sitios en un diseño Parcelas Divididas. Los resultados fueron que la U. se comportó en todos los sitios dentro del grupo de medias con mayor rendimiento; pero el análisis que consideró únicamente las tres fuentes en todos los sitios, arrojó diferencia significativa para la U. sobre N.A. y S.A.

Los beneficios en rendimiento por Kg de N aplicado fueron: 9.77, 11.9 y 17.14 Kg de maíz en el mismo orden

para S.A., N.A. y U. Los beneficios netos fueron: 7.9, - - 9.9 y 17.1 miles de pesos para S.A., N.A. y U. respectivamente. Las recomendaciones son que se aplique la U. en forma más generalizada y además que se investigue la manera en que esta fuente puede ser más eficiente.

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

- 1.- Aguilera, C.M. y Martínez, E.R. 1980. Relaciones -- Agua Suelo Planta Atmósfera. 2o. ed. UACH. Chapingo México.
- 2.- Alexander, M. 1980. Introducción a la Microbiología del Suelo Tr. de Peña, C. J. J. (del inglés, Introduction to soil Microbiology 2o. Ed. John Wiley and Sons, Inc) AGT Editor México.
- 3.- Black, C.A. 1968. Soil-Plant relationships 2 ed. -- John Wiley and Sons Inc. New York.
- 4.- Cooke, G.W. 1979. Fertilizantes y sus Usos 8o. impresión Tr (Fertilizers and Profitable Farming. - - Crosby Lockwood and son. Ltd. Londres) C.E.C.S.A. - México.
- 5.- Cotton, F.A. 1971. Química Inorgánica Avanzada. Tr- Ruben Levitus. Limusa-Wiley. México.
- 6.- Donahue, L.R. et al. 1981. Introducción a los Suelos y el Crecimiento de las Plantas. Tr Peña C.J. - (del Inglés Soils And Introduction to Soils and - - Plant Growth 1o. ed. 1958) Editorial Prentice/Hall- Internacional. Madrid.
- 7.- Fassbender, H.W. 1978. Química de Suelos. IICA. San José, Costa Rica.
- 8.- Foth, H.D. et al. 1978. Fundamentos de la Ciencia - del Suelo. 2o. ed. Tr (del Inglés Fundamentals of - the Soil Science. 5a. ed.) C.E.C.S.A. México.

- 9.- Gavande, S.A. 1982. Física de Suelos. 4a. reimpresión de la 1a. ed. 1972. LIMUSA. México.
- 10.- González, B.F. 1972. INTRODUCCION A LA GEOQUIMICA.- FAO. Rlo Negro, Argentina.
- 11.- González, C.H. et al. 1968. Nitrificación en algunos Suelos de México, Memoria del 4o. Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México.
- 12.- Hutchinson, E. 1960. Química, Los Elementos y sus Reacciones. Tr José Beltrán (del inglés CHEMISTRY - THE ELEMENTS AND THEIR REACTIONS SAUNDERS) Ed. Reverte. Barcelona.
- 13.- IGNATIEF, V. 1969. El Uso Eficaz de los Fertilizantes. 5a. Impresión 2o. ed. FAO. Roma Italia.
- 14.- Jackson, M.L. 1964. Análisis Químico de Suelos. Tr (del Inglés Soil Chemical Analysis 1958. Prentice-Hall Inc. Englewood.) Ed. Omega. Barcelona.
- 15.- Laird, R.J. 1968. Técnicas de Campo para Experimentos con Fertilizantes. CIMMYT, México.
- 16.- López, R.J. y López, M.J. 1978. El Diagnóstico de Suelos y Plantas. 3a. ed. Mundi-Prensa. Madrid.
- 17.- Mazlia R.P. 1967. Bioquímica del Metabolismo Vegetal. Ed. Omega, Barcelona.
- 18.- Mc Laren, A.D. y Peterson, G.H. 1967 Soil Biochemistry. Ed. Marcel Dekker, INC. New York.

- 19.- Miller, E.V. 1967. *Fisiología Vegetal*, 1a. ed. Traducción de Latone, F. (del Inglés *Whithin the Living Plant*, Ed. The Blackiston Company, Inc. New York.) Ed. UTEHA, México.
- 20.- Núñez, E.R. 1977. *Algunas consideraciones sobre el uso de fertilizantes en Agricultura de Temporal*. Ed. por Hernández, X.E. *Agroecosistemas de México*. Colegio de Postgraduados, México.
- 21.- Ortega, T.E. 1978. *Química de Suelos*. Patena UACH.- Chapingo, México.
- 22.- Ortiz, M.R. 1957. *Los Recursos Agrológicos de la República Mexicana*. *Revista de Ingeniería Hidráulica*. México.
- 23.- Ortiz M.R. *Informe Parcial del Estudio Agrológico - Regional del Valle de Guadalajara: Secretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección de Aprovechamientos, Departamento Agrológico*. 1951.
- 24.- Ortiz V.B. 1977 *Fertilidad de Suelos*. UACH México.
- 25.- Patrick, W.H. et al. 1971. *Plant Nutrient Behavior in Flooded Soil*. Ed. Olson R.A. *Fertilizer Technology & Use* 2a. ed. SSSA, Madison, Wisconsin. USA.
- 26.- Pesek, J. et al. 1971. *Nitrogen Production and Use*. Ed. Olson R.A. *Fertilizer Technology & Use* 2a. ed. SSSA. Madison Wisconsin, USA.
- 27.- Rankama, K y Sahama, Th. G. 1962 *Geoquímica*. Traducción de Bolívar, I.I. (del inglés *Geochemistry*) 2a. ed. Aguilar, Madrid.

- 28.- Richter G. 1979. Fisiología del Metabolismo de las Plantas. 2a. ed. Tr Muller, L. (del Alemán Stoffwechselfysiologie der Pflanzen. 1971) C.E.C.S.A. México.
- 29.- Russel, E.J. y Russel, E.W. 1968. Las Condiciones del Suelo y el Crecimiento de las Plantas. 4a. ed. - Tr González, G.G. (del inglés Soil Conditions and Plant Growth. 9a. ed. Longmans, Green and Co., Ltd. Londres.) Ed. Aguilar. Madrid.
- 30.- Salisbury, F.B. and Ross, C. 1978 Plant Physiology. - Wadworth publishing Co. Inc. Belmont, California, - USA.
- 31.- Steel, R. and Torrie, J. 1980. Principles and Procedures of Statistic. Mc Graw-Hill. New York. USA.
- 32.- Tamhane, R.V. et al. 1978. Suelos: su química y su fertilidad en zonas tropicales. 1a. ed. Tr Romero -- V.A. (del Inglés Soils-their chemistry and Fertility in Tropical Asia 1970, Prentice Hall. New Delhi) Ed. DIANA. México.
- 33.- Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Tr Balasch, J. y Piña, C. (del Inglés Soil Fertility and Fertilizers. 1966. Macmillan, Co. New York, E.U.A.) UTEAA. México.
- 34.- Volke, H.V. 1982. Optimización de Insumos de la Producción en la Agricultura. 1a. ed. Colegio de Postgraduados. México.