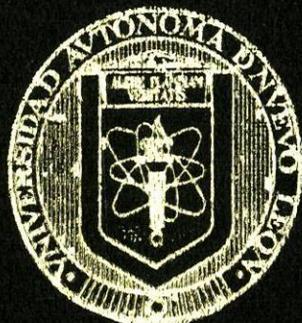


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



FERTILIZACION NITROGENADA FOLIAR Y AL SUELO  
Y FOSFATADA AL SUELO PARA MAIZ (Zea mays L.)  
EN EL MUNICIPIO DE MARIN, N. L.

TESIS

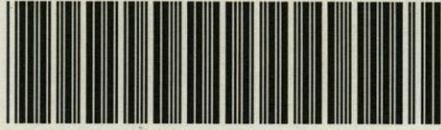
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

HECTOR GAYTAN BASALDUA

MARIN, N. L.

JULIO DE 1990





1080061264

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



FERTILIZACION NITROGENADA FOLIAR Y AL SUELO  
Y FOSFATADA AL SUELO PARA MAIZ (Zea mays L.)  
EN EL MUNICIPIO DE MARIN, N. L.

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA  
PRESENTA

HECTOR GAYTAN BASALDUA

MARIN, N. L.

JULIO DE 1990

10450  
*mm*

T  
5651  
G3

0  
FA 10  
1990  
C.5



A. tesis

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON  
FACULTAD DE AGRONOMIA



FERTILIZACION NITROGENADA FOLIAR Y AL SUELO  
Y FOSFATADA AL SUELO PARA MAIZ (Zea mays L.)  
EN EL MUNICIPIO DE MARIN, N.L.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRONOMO FITOTECNISTA

P R E S E N T A  
HECTOR GAYTAN BASALDUA

MARIN, N.L.

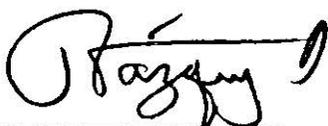
JULIO DE 1990.

FERTILIZACION NITROGENADA FOLIAR Y AL SUELO  
Y FOSFATADA AL SUELO PARA MAIZ (Zea mays L.)  
EN EL MUNICIPIO DE MARIN, N.L.

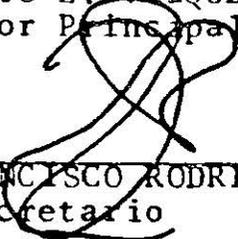
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

Tesis realizada bajo la dirección del consejo particular indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del título de Ingeniero Agrónomo Fitotecnista que presenta Héctor Gaytán Basaldúa.

CONSEJO PARTICULAR



PF.D. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO  
Asesor Principal



ING. M.C. FRANCISCO RODRIGUEZ EZQUIVEL  
Secretario



DRA. ELIZABETH CARDENAS CERDA  
Vocal

## DEDICATORIAS

### A MIS PADRES:

SR. JOSE ANGEL GAYTAN DELGADO

SRA. EUFEMIA BAZALDUA DE GAYTAN

Con mucho amor y cariño a ellos, que supieron guiarme por el buen camino, y el esfuerzo que hicieron para - que llegara a culminar mis estudios y ser lo que ahora soy.

### A MIS HERMANOS:

Israel

Juan

Rosa Aurora

José Angel

Laura Elena

Armando

Bertha Alicia

Dora Elia

Con cariño y agradecimiento por el gran apoyo que me brindaron para poder terminar mis estudios.

### A MIS CUÑADOS (AS):

En especial a Roberto por su desinteresada hospitalidad que me brindo, mi más sincero agradecimiento.

### A MIS SOBRINOS:

A todos ellos con amor.

A MIS AMIGOS (AS):

Jesús G., Dagoberto, Domingo, Mario, Triny, Jesus V., Miguel, Eliseo, Virgilio, Heriberto, Joel, Andrés, Angel, José A., Jaime, Lázaro, José S., Fernando, Gerardo, Sonia, Sara G., Virgen J., Elizabeth , Yolanda, - Alicia.

A mis compañeros: Miguel A. Ramos y Francisco Zúñiga.  
Por su amistad y los momentos inolvidables que pasamos juntos.

## AGRADECIMIENTOS

A MI ASESOR:

Al Ph.D. RIGOBERTO E. VAZQUEZ ALVARADO

Por la oportunidad brindada y el entusiasmo mostrado para que este trabajo se llevara a cabo le doy mis -  
más sinceras gracias.

A LOS MAESTROS:

ING. M.C. FRANCISCO RODRIGUEZ EZQUIVEL

DPA. ELIZABETH CARDENAS CERDA

Por la ayuda en la revisión de este trabajo.

A todas aquellas personas que he omi-  
tido que de una forma directa o indirecta -  
contribuyeron a la culminación de mis estu-  
dios y del presente trabajo.

¡ GRACIAS A TODOS !

# I N D I C E

	Pág.
INDICE DE CUADROS.....	i
INDICE DE FIGURAS.....	ii
INDICE DE TABLAS.....	iii
RESUMEN.....	iv
INTRODUCCION.....	1
LITERATURA REVISADA.....	3
El Nitrógeno en la Agricultura.....	3
Fuentes de Nitrógeno.....	4
El Nitrógeno en la Planta.....	6
El Nitrógeno en el Suelo.....	7
Mecanismos de Absorción de los Nutrientes por la --- Raíz.....	9
Problemas de la Absorción por la Raíz.....	11
Importancia de la Fertilización Foliar.....	13
Mecanismos de Absorción de los Nutrientes Foliare..	15
Problemas en la Absorción de los Nutrientes Foliare	17
Relativos al clima.....	19
Relativos a la solución.....	20
Relativos a la planta.....	21
Fertilización Nitrogenada al Suelo y Follaje.....	27
Generalidades sobre el Cultivo.....	28
Descripción del Area de Estudio.....	31
Localización geográfica.....	31
Vegetación y suelo.....	31

	Pág.
Clima y precipitación.....	31
MATERIALES Y METODOS.....	33
Materiales.....	33
Metodología.....	34
Desarrollo del Experimento.....	34
Preparativos y Siembra.....	34
Riegos.....	34
Aplicación de los tratamientos.....	35
Control de malezas.....	36
Control de plagas.....	36
Cosecha.....	36
Variables registradas.....	37
Diseño Experimental y de Tratamientos.....	39
Modelo Estadístico.....	41
RESULTADOS Y DISCUSION.....	43
Análisis de Varianza.....	43
Principales Estadísticos.....	43
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFIA.....	54
APENDICE.....	60

## INDICE DE CUADROS

<u>Cuadros del texto:</u>	Pág.
1 Donde se muestra el manejo del experimento.....	34
2 Resumen de los análisis de varianza y significancia estadística para cada variable analizada.....	44
3 Resumen de los principales estadísticos descriptivos para cada una de las variables analizadas.....	45
4 Promedios para los niveles de los factores, donse se observan las diferentes modalidades de aplicación del N, así como las diferentes formulaciones y la interacción de dichos factores para las variables que tuvieron significancia estadística.....	48
<u>Cuadros del apéndice:</u>	
5 Temperatura media y precipitación total mensual registrados durante el período del año en que estuvo el experimento en el campo en Marín, N.L.....	61
6 Número de orden y fechas de las aplicaciones foliares con N para los tratamientos: 50% terrestre, 50% foliar y aplicación foliar.....	61
7 Concentración del número de elotes y su calidad en el primer corte.....	62

## INDICE DE FIGURAS

<u>Figuras del texto:</u>	Pág.
1 Incremento de la materia seca y toma de nutrientes por la -- planta de maíz en desarrollo.Cortesía Univ.Estatal de Iowa..	29
2 Relación entre el número de elotes en cuanto a -- número de elotes tercera.....	49
3 Relación entre los elotes dañados por gusano elote- ro y área foliar de la hoja bandera, también se ve- la diferencia de la Y obs. y la Y est.....	50
4 Relación entre número de elotes y el peso de elotes	50
5 Relación entre la altura de plantas del primer con- teo (cm) y el peso del forraje verde.....	51
<u>Figuras del apéndice:</u>	
6 El ciclo del nitrógeno en el suelo.....	63
7 Matriz experimental plan Puebla I empleada para se- leccionar los tratamientos que se consideraron en - el experimento, aquí se observan los niveles de N y P en sus diferentes niveles.....	64
8 Croquis donde se muestra la distribución de los tra- tamientos en el campo.....	65

## INDICE DE TABLAS

Tabla del texto:

Pág.

- 1 Donde se muestran los tratamientos utilizados en el experimento de N y  $P_2O_5$  así como sus combinaciones. 40

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación, se efectuó en el ciclo de otoño-invierno de 1988, en los terrenos del Campo Agrícola Experimental de la Facultad de Agronomía de la U.A.N.L., localizado en el municipio de Marín, N.L.

El objetivo principal de este trabajo fué el de obtener información sobre las modalidades de aplicación y formulación del N, principalmente en aplicaciones foliares al maíz para ver su efecto sobre éste, y así determinar la dosis óptima.

El diseño experimental fué bloques al azar con arreglo en parcelas divididas considerando cuatro repeticiones y ocho tratamientos, formando un total de 96 parcelas, cada parcela se constituyo por cuatro surcos de 4 m de largo y 0.85 m de ancho. Se tomo como parcela útil para cosecha de elote los dos surcos centrales y para cosecha de grano los dos restantes de cada parcela.

La modalidad de aplicación de N la constituyo la parcela grande donde se tuvo: aplicación al suelo, 50% al suelo y 50% foliar y aplicación foliar; se usaron formulaciones tales como 0, 25, 50 y 75 kg/ha para N y 0, 30, 60 y 90 kg/ha para  $P_2O_5$ , los cuales se le asignaron a la parcela chica. Estos niveles de N y  $P_2O_5$  fueron generados a partir del diseño de tratamientos "Plan Puebla I".

Las aplicaciones de los fertilizantes N y  $P_2O_5$  al suelo se realizaron al mismo tiempo 25 y 26 de mayo de 1988, 66 días

después de la siembra, y el N fue aplicado de acuerdo a los --  
tratamientos de parcela grande. Las aplicaciones de N al fo--  
llaje se hicieron con una concentración del 6% (6 kg de N puro  
en 100 lt de agua).

Los resultados del experimento en los análisis de varian-  
za indicaron diferencia estadística significativa para las di-  
ferentes formulaciones de aplicación para las variables número  
de elotes de segunda clase y con una significancia estadística  
altamente para este mismo factor resultó favorable la variable  
peso de dos elotes sin espata.

Para las diferentes modalidades de aplicación de N resul-  
tó con significancia estadística la variable peso de forraje -  
verde. Mientras que para el resto de las variables resultaron  
no significativas las modalidades de aplicación y formulacio--  
nes de N y  $P_2O_5$ .

## INTRODUCCION

En México, sabemos de la importancia que tiene el cultivo del maíz, por lo tanto a medida que pasa el tiempo se deben -- realizar estudios con el fin de incrementar los rendimientos - de grano con nuevas técnicas de producción.

Con respecto a la producción mundial por especies cultivadas, el maíz ocupa el tercer lugar. Esto explica de por sí la gran importancia del conocimiento y aplicación de las mejores técnicas de cultivo, para la obtención de máximos rendimientos y óptima calidad.

Los principales factores por los que hay baja producción son:

- 1.- Que el 90% del área que se siembra con maíz se realiza de temporal y su éxito depende de las condiciones del mismo.
- 2.- Por la deficiente tecnificación de las prácticas de cultivo.
- 3.- Por el poco uso de fertilizantes.
- 4.- Otro problema es por la falta de híbridos y variedades mejoradas para la gran diversidad de condiciones ecológicas que existen en las diferentes regiones donde se siembra este cultivo.
- 5.- Por problemas que existen en los suelos, por ejemplo salinidad. Los suelos con problemas de sales son cada vez más frecuentes. Estadísticas a nivel mundial muestran que la India tiene de 4 a 4.8 millones de has. En México también se ve

afectado por el problema de sales.

En el estado de Nuevo León el 8% de la superficie total - (6,455,500 has), se encuentran afectadas por diferentes grados de salinidad, el mayor problema se encuentra en zonas de riego.

Se han realizado experimentos en la zona de Marín, N.L. - donde se usaron fertilizantes químicos, y no se ha encontrado respuesta al nitrógeno. Dicha respuesta estuvo asociada al al to contenido de sales, arcillas o bajo contenido de material - orgánico.

El presente trabajo se planeo pensando en las posibilidades de aumentar los rendimientos, mediante la aplicación de di ferentes niveles de fertilización nitrogenada al suelo y fo--- liar. Esto con el fin de medir efectos de la fertilización fo liar.

## LITERATURA REVISADA

### El Nitrógeno en la Agricultura

Harner, Hoare, Lono (1956) mencionan que el análisis químico ha demostrado que las cosechas contienen unos 20 elementos químicos de los cuales hay doce que se consideran esenciales para su desarrollo; sin embargo, el número de elementos -- que hay que agregar al suelo para que las cosechas se desarrollen plenamente es mucho menor. Comúnmente se emplean tan sólo compuestos de nitrógeno, fósforo, potasio y calcio; ocasionalmente se usan microelementos.

Los fertilizantes que más se recomiendan para diversos tipos de cultivos agrícolas son el N, P, K, Ca y algunos microelementos, pero el más utilizado e importante son los fertilizantes nitrogenados.

Según Patterson (1966) los consejos que se establecen --- acerca del empleo del nitrógeno para los cultivos agrícolas se hallan basados por una parte, en los otros datos aportados por la experiencia de los años y por otra, sobre los resultados -- conseguidos en experimentos realizados en el campo.

De todos los elementos nutritivos, el nitrógeno es el único que no existe en la roca madre. Aquel que se encuentra en el suelo procede de la atmósfera, tras haber seguido uno de -- los procesos microbiano o industrial.

El nitrógeno ejerce una acción de choque sobre la vegetación. Una planta bien provista de nitrógeno brota pronto, ad-

quiere un gran desarrollo de hojas y tallo y toma un bonito color verde oscuro, pero, esta acción no solo tiene ventajas. Es necesario que el agricultor tome precauciones para evitar los inconvenientes.

Gros Andre, (1966) menciona que el nitrógeno se acumula en el suelo bajo forma de humus, que contiene alrededor de 5% de nitrógeno en estado orgánico. Si una tierra es excepcionalmente rica en humus es porque el nitrógeno se acumula en forma orgánica, porque las condiciones no son favorables para su mineralización, por lo que las tierras reaccionan bien al suministro de un abonado nitrogenado mineral.

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

#### Fuentes de Nitrógeno

En los fertilizantes el nitrógeno inorgánico puede presentarse en tres formas:

- Nitratos que proporcionan iones  $\text{NO}_3^-$ .
- Sales de amonio que aportan iones  $\text{NH}_4^+$ .
- Amidas simples, que no son sales ionizables, pero que contienen nitrógeno en la forma  $-\text{NH}_2$  (amida) o formas derivadas de este grupo.

Cooke, 1983, Thorne, Paterson, 1969 mencionan que las plantas absorben iones tanto de amonio como de nitrato. Excepto en suelos muy ácidos, el N-amoniaco se convierte con rapi-

dez a nitrato por acción microbiana. Donde esa conservación es lenta, debido a la extrema acidez, las plantas adaptadas a tales condiciones pueden absorber mucho amonio. Las amidas simples (como la urea) son hidrolizadas con bastante rapidez hasta formar compuestos de amonio y luego se nitrifican. Si se utiliza como fertilizante el amoniaco gaseoso ( $\text{NH}_3$ ), el N también se convierte en el suelo a la forma amoniacal y se comporta entonces como una sal de amonio.

Patterson G.J.B., (1966) menciona que los fertilizantes nitrogenados que son de empleo corriente en agricultura, son sales inorgánicas simples que contienen el nitrógeno bajo forma de nitrato, compuestos amónicos o bien una mezcla de ambos. Estas sales se disuelven rápidamente en el agua, de forma que son fácilmente asimilables por las plantas. Se pueden utilizar cualquiera de las dos formas nitrogenadas bajo las condiciones más variadas. Resulta más económico aplicar el nitrógeno bajo la forma de sales amónicas que en forma de nitrato, pero en condiciones especiales, como por ejemplo, una acción rápida, debe considerarse cual de las dos formas se va a utilizar.

Rodríguez (1982) dice que el N se encuentra en la atmósfera con una cantidad aproximada del 80% en forma de gas; la molécula,  $\text{N}_2$ , ésta formada por átomos de nitrógeno.

En su forma gaseosa sólo es aprovechado directamente por bacterias específicas asociadas a las plantas de la familia leguminosas. La planta aprovecha solo un 50% de la producción -

de las bacterias; el resto es excretado por éstas al suelo en forma de ácido glutámico, ácido aspártico, etc., siendo luego de una transformación en el suelo, asimilado por las otras plantas.

### El Nitrógeno en la Planta

Según Rodríguez (1982) los vegetales absorben al N en sus formas solubles: nitratos, amonios y otros compuestos nitrogenados solubles. La forma nítrica es la más utilizada por las plantas.

El nitrógeno se encuentra en la planta cumpliendo importantes funciones bioquímicas y biológicas.

Es un elemento muy móvil. El nitrógeno mineral ( $\text{NO}_3^-$  y  $\text{NH}_4^+$ ) una vez en el interior de las células pasa a constituir las bases nitrogenadas para las distintas funciones fisiológicas. El nitrógeno ingresa en la formación de los aminoácidos, luego éstos entran en la síntesis de los prótidos y las proteínas del vegetal, constituyendo un elemento plástico por excelencia. El nitrógeno se halla, además, en la formación de hormonas, de los ácidos nucleicos (con función hereditaria) y de la clorofila.

Gros, (1976) menciona que la planta absorbe el N hasta el final de la vegetación. Sin embargo, la planta tiene estados críticos en los que necesita más de este elemento, como en las fases de desarrollo radicular, formación de los órganos reproductores, fecundación, etc. La insuficiente nutrición de la

planta en nitrógeno se manifiesta en primer lugar por una vegetación raquítica. La planta se desarrolla poco, un sistema vegetativo pequeño y el follaje toma un color verde amarillento-característico de la carencia de nitrógeno, que evoluciona después hacia una pigmentación anaranjada, púrpura o violácea en los bordes de las hojas.

Por otra parte Garner, Hoare, Lono, (1956) dicen que un exceso de N determina que las partes vegetativas sean blandas, la madurez tardía y las hojas de un color verde muy oscuro y muy susceptibles al ataque de enfermedades criptogámicas. Todos estos efectos se intensifican cuando la potasa es insuficiente.

Worthen y Aldrich citados por Bermea, (1960) nos dicen -- que la mayoría de las plantas de cultivo obtienen el nitrógeno de la materia orgánica del suelo que es la única forma en que se puede almacenar en el suelo este elemento por períodos largos de tiempo.

### El Nitrógeno en el Suelo

Worthen y Aldrich citados por Bermea, (1960) ellos mencionan que el N se incorpora al suelo al ser arrastrado desde la atmósfera por la lluvia y la nieve, en las regiones húmedas; o es producido por organismos vivos libres (Azotobacter) o que es fijado por las bacterias de los nódulos de las leguminosas.

El contenido de nitrógeno en el suelo es mayor en aque---llos que se han formado bajo una pradera de gramíneas que en -

el primer caso más profunda la capa de materia orgánica y de nitrógeno, habiéndose observado también que es más abundante el nitrógeno en un suelo mal drenado que en un suelo bien drenado.

Mitscherlich, citado por Selke (1968), el nitrógeno tiene un efecto útil mínimo, o sea en comparación con las otras sustancias nutritivas se precisan de él mismo cantidades mucho mayores en los ensayos en tiestos. Casi todos los suelos de --- nuestro país contienen, por naturaleza, cantidades insuficientes de nitrógeno para poder alcanzar cosechas máximas con las plantas cultivadas. Sólo existen algunas excepciones, muy pocas, de ciertos suelos de tuberas subacuáticas.

Se supone que las cantidades iniciales de nitrógeno han sido producido por ciertas bacterias que, siendo capaces de absorber y fijar el nitrógeno atmosférico, lo hacen aprovechable para las plantas. Sin embargo, estas cantidades son relativamente pequeñas, y como no es posible que las bacterias proporcionen todo el nitrógeno necesario, si ésto se acumulara simplemente sería quitado al suelo por las plantas y se perdería; pero no sucede así y una vez que ha sido fijado por las bacterias comienza un ciclo eterno.

Teuscher (1976) dice que tan pronto como un suelo virgen se introduce al cultivo y se le dan labores de arado, lo primero que se altera es el ciclo del nitrógeno: la aireación resultante producirá en el suelo un cuadro totalmente diferente del original; la descomposición de la materia orgánica se acelera-

notablemente, las bacterias nitrificantes adquieren mayor actividad y grandes cantidades de nitratos producidos se pierden por lixiviación a causa del aumento en el drenaje.

### Mecanismos de Absorción de los Nutrientes por la Raíz

Según Rodríguez, (1982) los iones en el suelo se encuentran en diversas maneras:

1. En la saturación acuosa del suelo, en donde son fácilmente asimilados por la planta. La solución del suelo es el principal proveedor de iones.

2. En los coloides que forma el suelo, los iones se encuentran adsorbidos allí por las atracciones eléctricas de los coloides orgánicos e inorgánicos y las cargas de los distintos iones.

3. En la estructura cristalina, fuertemente integrados.

Las plantas utilizan los iones que se hallan en la solución acuosa del suelo y los absorbidos en la superficie de las partículas coloidales. Las plantas aprovechan con mayor facilidad los iones de las soluciones edáficas; en cambio, los absorbidos en los coloides serán más difíciles de un aprovechamiento directo, siendo intercambiables con la solución del suelo.

Las sales nutritivas en el suelo al entrar a la solución tienden a disociarse en sus partes conformantes: los aniones de carga negativa y los cationes de carga positiva.

La absorción de sales por las raíces puede ser de una forma pasiva o activa.

La pared celular, el espacio intercelular y los vasos xilemáticos constituyen el apoplasto (partes de la planta que no son vivas).

No en toda la extensión del apoplasto los iones pueden entrar directamente a las zonas vivas celulares, que constituyen el simplasto del vegetal.

Selke, (1968) menciona que la absorción de algunas materias nutritivas tiene lugar en la práctica, de la solución existente en el suelo a través de las raíces.

La absorción del agua por las plantas tiene fácil explicación por fenómenos osmóticos. La concentración de sales en la célula es mayor que en las soluciones del suelo.

Para los iones eléctricamente cargados de las sales nutritivas la situación es más complicada. Pues al tener una carga eléctrica y disponer de una membrana acuosa, a causa de la hidratación, hinchaban los coloides de la célula o los deshinchaban y de esta manera influyen decisivamente en su paso dentro de la célula y en la permeabilidad para otras sustancias.

Así ocurre que pequeñas cantidades de calcio pueden evitar una invasión perjudicial de iones de alcalis que difunden rápidamente (potasio, sodio).

Jiménez, (1942-1943) menciona que después de haber pasado a través del pelo radicular al interior de la planta, las sa--

les se desparraman circulando por la misma, pero si las modalidades con que penetran ya son complicadas o muy difíciles de seguir, mucho mas oscuro e inexplicable es el juego mediante el cual las sales pasan de los órganos subterráneos de la planta a los aéreos, es decir, el tallo, hojas, ramas, flores y frutos.

En la lucha, la raíz tiene amigos y enemigos, y además de ellos una fuerza propia que se puede resumir en una palabra: la sensibilidad con respecto a los factores externos del suelo, ya sean físicos, químicos ó físico-químicos.

#### Problemas de la Absorción por la Raíz

Según Rodríguez, (1982) menciona que entre los factores que afectan la absorción iónica se pueden distinguir los factores internos y externos.

Los factores internos están los puramente genéticos de la especie que determinan la capacidad de absorción de los distintos iones.

El estado vegetativo de las plantas es otro factor interno, éstos tienen una mayor absorción de nutrientes en el mismo, ya que en el momento de la floración se detiene relativamente la absorción pues la planta esta gastando una gran cantidad de energía en dicho proceso de desarrollo.

Dentro de los factores externos estan la temperatura del suelo, el oxígeno, la luz y la concentración salina externa.

Cuando se cultivan plantas en soluciones, éstas absorben nitratos, nitritos, sales de amonio, aminoácidos y otras formas de nitrógeno orgánico. Debe tenerse en cuenta que los nitritos en solución ácida son relativamente tóxicos para las plantas.

Miller, (1981) dice que aunque las raíces absorben agua lentamente cuando las plantas no transpiran, está bien demostrado que la intensidad de absorción de agua es grandemente influida por la intensidad de la transpiración. En algunos casos, la absorción del agua por las raíces es impedida por una alta concentración osmótica de las soluciones del suelo.

Según Jiménez, (1942-1943) la base teórica es la siguiente: para complicar mas el fenómeno de la penetración de los iones con respecto a la permeabilidad del citoplasma y a los intercambios de los iones entre los coloides del suelo y los del pelo radicular, se agrega aún otro factor, el que se llama antagonismo de los varios elementos. Es decir, la penetración de un ión o de un grupo de iones puede ser ayudada, impedida y a veces completamente suprimida por la acción del otro; de modo que, cuando tenemos en una solución todas las sales nutritivas necesarias, por mas que creamos que la planta está en las mejores condiciones para poderlas absorber, vemos que ésta no crece, o si crece, en su ceniza hay demasiado desequilibrio, para ser normal, entre las cantidades diferentes de las sales que han penetrado.

Esto significa que hay un elemento o varios elementos que

impiden a otros penetrar. Este antagonismo puede ser un antagonismo particular, debido a la presencia, y no importa si la cantidad es grande o pequeña, de un solo elemento (antagonismo verdadero). Puede ser un antagonismo producido, no por el elemento mismo, sino por la concentración en que él se encuentra (pseudoantagonismo).

#### Importancia de la Fertilización Foliar

Powers (1947), citado por Collings (1958), menciona que si se adoptan las precauciones debidas, los fertilizantes líquidos pueden aplicarse satisfactoriamente a las plantas mediante los distintos sistemas de riego por aspersión o lluvia.

Boyton y W. Lundahl, citados por Aguilar (1979) dicen que la vía más eficaz para suministrar ciertos nutrientes a algunos cultivos es la aplicación a las hojas. Esta nutrición foliar presenta algunas ventajas específicas: escapa a la capacidad de los suelos para fijar ciertos nutrientes bajo formas químicas no asimilables por las plantas y sustituye la baja respuesta a los fertilizantes aplicados al suelo.

Nelson, L., citado por Aguilar (1979), menciona que la utilidad de la aplicación de nutrientes por medio de aspersiones foliares depende de lo siguiente:

- a) La existencia de problemas especiales que no permitan la aplicación de fertilizante al suelo o por el manejo del suelo.
- b) Respuesta satisfactoria de la planta a las aspersiones.

Esto se determina por la cantidad de nutrientes requeridos por las plantas, la absorción foliar y la tolerancia de las hojas a los compuestos aplicados.

c) Economía en los materiales y en la aplicación.

También Costa, J. (1974) citado por Aguilar (1979) investigaciones llevadas a cabo sobre fertilización foliar en cereales han reportado resultados positivos, especialmente cuando las aplicaciones son hechas durante las últimas fases de desarrollo vegetativo o durante la floración temprana y fructificación.

Según Foth, (1975) cuando existen problemas de fijación al suelo de los nutrientes, las aplicaciones foliares constituyen el método más efectivo para colocar fertilizantes rápidamente asimilables, eventualmente esta práctica resulta ser útil en el cultivo del ciclo temprano, combinandose con aplicaciones de insecticidas ahorrando así tiempo y trabajo.

Windfred (1964) y Cabler (1961), citados por Ramos (1980), con respecto a la producción de grano, reporta que en ciertos cereales se puede incrementar el rendimiento mediante aplicaciones foliares de nitrógeno durante y después del espigamiento.

Se han obtenido resultados satisfactorios al aplicar urea rociada sobre el follaje de manzano, naranjas, tomate, arroz, trigo, cebada, asperciones de una concentración al 1.8% de urea en agua, han sido beneficiosas en el cultivo del arroz y el trigo.

## Mecanismos de Absorción de los Nutrientes Foliare

Mitsui citado por Sabbagh (1978), la urea es generalmente absorbida a través de las hojas después de ser hidrolizada a amonio y bióxido de carbono por la actividad de la ureasa, así el amonio formado es asimilado como si fuera absorbido a través del sistema radicular. Sin embargo, existe una posibilidad de que la urea sea incorporada como tal en la asimilación sin que se efectúe la hidrólisis, ya que hojas de algunas plantas no muestran actividad de la ureasa, y sin embargo absorben urea perfectamente bien.

Boynton, Tukey y Van Maercke, citados también por Sabbagh (1978), concuerdan en que la absorción de nitrógeno es mayor cuando la aplicación es en forma de urea. Este efecto se atribuye a la hidrólisis de la urea, por acción de la enzima ureasa y por la facilidad de difusión de este compuesto cuya carga es neutral.

Tanaka, Baldovinos, Mc Vickar y Dubling, citados por Ramos (1980), una de las características del maíz es la rápida traslocación de productos fotosintéticos provenientes de las hojas y solamente una pequeña parte de ellos permanece en la hoja más de 24 horas.

Cuando los cultivos han efectuado un 20% de su crecimiento han tomado un 45% del nitrógeno total y de potasio que consumen durante su ciclo y cuando han efectuado un 50% de su desarrollo pueden haber tomado un 75% o aún más de estos nutrientes.

Las partes aéreas de las plantas internas y externas, están cubiertas por una capa de lípidos denominada cutícula, ésta varía de grosor y es el primer obstáculo que tiene que ser atravesado por el fertilizante foliar aplicado para estar en contacto con el protoplasma vivo de la planta.

La penetración a través de los estomas no se lleva a cabo bajo condiciones normales, ya que estos se encuentran llenos de aire lo cual no permite la entrada de agua, sin embargo para que la solución entre a la planta debe ser mezclada con un surfactante.

Por su parte Rojas (1977), dice que la entrada de los fertilizantes foliares es a través de los estomas y cutícula, pero se discute cual camino es el más importante, dentro de los factores a considerar, es el ángulo de contacto de la solución aplicada y la superficie mojada, a diferencia de lo que ocurre con la entrada de moléculas de pesticidas.

Según Wittwer citado por Kramer (1974) dice que ciertas ventajas de la aplicación foliar de alimentos minerales para las plantas de cultivo han incitado a una ivestigación extensiva de la fertilización foliar. Aun cuando sus ventajas hayan sido probablemente encarecidas con exceso, la fertilización foliar se ha llevado a cabo acertadamente para aplicar nitrógeno de urea, fósforo, magnesio y diversos micro-alimentos a la piña, caña de azúcar, los cítricos, varias frutas deciduas, árboles forestales y ciertas especies herbáceas.

Se dice que algunos elementos tales como el nitrógeno, po

tasio, magnesio y zinc son absorbidos a través de las hojas -- más rápidamente que otros tales como el fósforo, azufre y hierro. Sin embargo, todas las sustancias solubles en agua pueden, probablemente, ser absorbidas por las hojas.

#### Problemas en la Absorción de los Nutrientes Foliare

Aldrich citado por Cumpeam (1979), señala que son múltiples las condiciones de que depende la absorción de las soluciones foliares. Los investigadores de este tópic, citan los siguientes como más sobresalientes: pH, ángulo de contacto, -- tiempo de aplicación y formulación.

Wittner y Rojas citados por Cumpean (1979), señalan la -- marcada influencia que el pH tiene en la absorción y establece como límite máximo de absorción entre 5 y 8 y el mínimo entre 6 y 9.

Aguilar (1979), menciona que el ángulo de contacto correcto favorece la penetración de líquidos a través de la cutícula y estomas al permitir suficiente humedad en la hoja; el ángulo de contacto a su vez dependerá de la tensión superficial del líquido y la naturaleza de la superficie sólida. El ángulo de contacto puede estar supeditado a diferencias en la edad de la hoja y contenido de agua. Dichas variaciones se deben a 2 causas principales:

- a) Variaciones en las conformaciones superficiales y pubescencias.
- b) Variaciones en la composición de la cutícula.

Según estudios realizados por (Rojas, 1977) sobre la absorción de diversos productos se asegura que es más rápida en la noche y en las primeras horas de la mañana; demostrando estar en razón directa a la humedad relativa del medio ambiente, pero no con la temperatura, luz y surfactantes.

Aguilar (1979), dice que el maíz es un cultivo poco susceptible al daño por aspersiones de urea, recomendándose las aplicaciones al 1% para evitar daños al follaje, estos se presentan cuando se aplican soluciones de 2 a 3 kg en 379 lt de agua, explicándose éste fenómeno por la rapidez de la hidrólisis inducida por la ureasa; esto es de acuerdo a su formulación.

Rood, citado por Aguirre (1979), estudios realizados en *Chrysanthemum* donde se investigó la aplicación foliar de fósforo en soluciones de diferente pH, observó que el fósforo es absorbido con mayor facilidad a  $pH=2$  pero éste tratamiento ocasionó necrosis de la hoja, la máxima absorción ocurrió con fosfato sódico a  $pH$  3-6, fosfato de potasio a  $pH$  7-10 y fosfato de amonio a todos los valores de  $pH$ , el fosfato de calcio no se absorbió con facilidad, de este trabajo se concluyó lo siguiente, que los factores  $pH$ , solubilidad, retención de la humedad y cristalización de la superficie de la hoja de las sales más importantes de fósforo; fueron o son factores determinados en el grado de absorción.

Cook y Boynton citados por Aguirre (1979), hicieron comparaciones de índices de absorción de soluciones de urea asperjada sobre la superficie superior e inferior de la hoja en manza

no variedad McIntosa con varios intervalos de tiempo encuentrando la mayor absorción por la superficie inferior.

Mitsui, citado por Sabbagh (1978), indica que la absorc---ción foliar es más efectiva en plantas que crecen más vigorosamente, siendo mauor la capacidad de absorción en hojas más jó-venes y cercanas a los puntos de crecimiento que hojas distan-tes a éstas.

Relativos al clima.

Cook y Boynton citados por Aguilar (1979), estudiando los efectos de la temperatura y la humedad relativa sobre la absorción de los nutrientes asperjados al follaje, concluyeron que-existe correlación lineal entre la temperatura y la abosrción-y entre la humedad relativa y la absorción. La nutrición fo--liar se lleva a cabo en considerables períodos de tiempo, de -tal manera que ésta ocurre en gran proporción cuando la super-ficie de la hoja aparenta estar seca; o bien puede ser que fi-nas películas de agua, resultado de la transpiración, resulten más importantes en promover la absorción de nutrientes asperjados que el agua de la solución con la que originalmente se di-luyó el nutriente.

Rojas (1977), estudiando la abosrción de diversos produc--tos se asegura es más rápida en la noche y en las primeras ho-ras de la mañana; demostrando estar en razón directa a la humedad relativa del medio ambiente, pero no con la temperatura, -liz y surfactantes.

Anónimo folleto SAG (1973) mientras el estado higrométrico del aire sea más alto la absorción de nutrientes será mayor, pero si hay un exceso de rocío, debido a la alta humedad relativa, y este se arrastra sobre las hojas, esto provocará un lavado en parte o todos de los nutrientes contenidos en la solución y con los que se cubre la hoja y esto es más intenso con una lluvia.

Relativos a la solución.

Según Aguilar (1979), dice que el maíz es un cultivo poco susceptible al daño por asperción de urea, recomendándose las aplicaciones al 1% para evitar daños al follaje, esto se presenta cuando se aplican soluciones de 2 a 3 kg en 379 lt de agua, explicándose éste fenómeno por la rapidez de la hidrólisis inducida por la ureasa.

Evelin y Boynton citados por Sabbagh (1978), la absorción de urea disminuye con incrementos en la concentración de sacarosa. El mecanismo por el cual la sacarosa limita la absorción de urea no es conocido, sin embargo, hay tres factores que podrían estar involucrados: ejemplo la hidratación de la sacarosa puede impedir la difusión de las moléculas de urea a la superficie de absorción de la hoja; segundo la sacarosa puede competir con la urea para entrar a la planta; tercero, la sacarosa puede inhibir la actividad de la ureasa, de esta manera limitando indirectamente la absorción.

El uso de surfactantes como medio para incrementar la absorción, Ya que con estos se incrementa la penetración de so-

luciones acuosas hasta el interior de las células del mesófilo, debido a que tienen la propiedad de reducir el ángulo de contacto y la tensión superficial del agua.

Wittwer citado por Aguilar (1979), menciona que el pH de la solución también influye ya que las tasas máximas de absorción han ocurrido en pH de 5 a 8 y la absorción mínima en pH de 6 a 9.

Cumpeam (1979), menciona que para el fósforo el mejor pH es de 2 a 3 aunque, si el suelo lo tiene en abundancia absorberá menos por las hojas.

Para cationes y elementos menores, su absorción rápida es ta fijada en 8, cuando se aplican como fosfato o citrato los aniones son siempre favorecidos por un pH bajo.

Newmann citado por Resique (1986), menciona que la fertilización foliar algunas veces incrementa grandemente la producción pero otras veces el tratamiento puede ser nulo o negativo. Y una de las causas de que esto último suceda fue debido a daños foliares por las sales de los fertilizantes. Los fertilizantes compuestos de elementos de actividad osmótica, pueden llegar a dañar la membrana plasmática cuando penetran en concentraciones suficientemente altas dentro de la hoja.

Relativos a la planta.

Tanaka, Baldovinos y otros citados por Ramos (1980), dicen que las hojas tienen una capa llamada cutícula, que es uno de los primeros obstáculos con que se encuentra la absorción del-

fertilizante en forma líquida. También los estomas bajo condiciones normales forman otro de los obstáculos para la absorción del fertilizante, debido a que los estomas se encuentran llenos de aire.

Elizondo citado por Rosique (1986), menciona que en el estoma ocurre el fenómeno de penetración, que no es lo mismo que la absorción, ya que las sustancias en los espacios intercelulares todavía deben pasar a través de un estrato y la pared de la célula.

Franke y Tukey citados por Rosique (1986), mencionan que las sustancias hidratadas tienen problemas para penetrar a través de la cutícula por lo que ha dado espacio interno de la hoja y esto se dedujo a lo largo de observaciones realizadas en hojas cuya superficie foliar fue menor con un mayor número de estomas y otras superficies foliares de mayor área pero con menor número de estomas. Aunque también se observó que las soluciones solamente penetran en la cámara estomacal y espacios extracelulares.

La hoja absorbe el nutriente que está más deficiente en la planta, la absorción depende del estado nutricional de la planta.

Según Arisz y asociados citados por Smith y Epstein (1964a). Las raíces son el órgano principal mediante el que las plantas superiores de tierra absorben inicialmente los solutos inorgánicos de sus substratos. Los tejidos radicales han sido por lo tanto, los objetos experimentales favoritos pa

ra el estudio de los mecanismos celulares de absorción de iones, y muchos puntos importantes han sido establecidos con respecto a este proceso: la dependencia en el metabolismo respiratorio, al logro de altas proporciones de acumulación, selectividad, isothermas de concentración características y otros.

Sin embargo, la adquisición de iones exógenos por el tejido radical es solamente el primer paso en la cadena de eventos que se suman a la nutrición vegetal. Los iones que han atravesado la corteza eventualmente son entregados dentro del sistema conductor no vivo del xilema y llevado ahí dentro hacia arriba hasta el brote. Antes de que estos iones puedan participar en los procesos metabólicos y reacciones bioquímicas esenciales dentro de las células de las hojas, deben ser absorbidos por estas células de la solución que los baña. La solución entregada por el xilema dentro del fluido extracelular de la hoja se convierte en el sustrato de nutrientes inorgánicos de las células del mesofilo de la hoja al equivalente de la solución del suelo y su extensión, la solución en el espacio exterior, para las células de las raíces.

No hay un cuerpo de información sobre los procesos de absorción de iones por las células del brote, y especialmente las células de hojas de plantas terrestres superiores, comparado al que existe para tejidos de raíces y tubérculos. Sin embargo se hace referencia a los estudios de Arisz y sus asociados de transporte de iones en hojas de la planta acuática.

Vallisneria y Kylin citados por Smith (1964a) hacen refe-

rencia al trabajo sobre la absorción de sulfatos por tejido foliar de varias especies de plantas terrestres. ¿Se parecen los procesos metabólicos de absorción de iones por las células del brote a los conocidos por el estudio de raíces?. Es la selectividad de la planta una función de los mecanismos selectivos de las células radicales solamente, o las células del tejido de los brotes exhiben patrones similares (o diferentes) de selectividad?. Es a estas preguntas y a otras relacionadas que la presente investigación se dirige. En los resultados obtenidos, tenemos que cuando discos foliares de diferente tamaño -- fueron usados, la absorción de Rb en base a peso fresco variá inmensamente con el diámetro de los discos se grafica en base a la unidad de la longitud de la orilla expuesta, entonces los diferentes tamaños de los discos mostraron aproximadamente las mismas tasas de absorción. Así parece que la entrada de los iones estuvo limitada por la longitud de la orilla expuesta.

La impermeabilidad relativa de las superficies de las hojas al agua y iones minerales en solución es una condición sobre la cual la vida de las plantas superiores terrestres depende. Sin embargo para el investigador However, citado por Smith y Epstein (1964b), este rasgo imploro dificultades en los intentos para hacer estudios cuantitativos del proceso. Como se demostró ahí, esta técnica evita el paso de los iones através de la epidermis como un poro que limita la tasa en el proceso de absorción, exponiendo las células del mesófilo directamente a la solución. La principal condición que emerge de estos experimentos es que la absorción de K y Rb por el tejido -

foliar de maíz se parece estrechamente a la absorción de estos iones por raíces de cebada escondidos en cada rasgo examinado. Los resultados de los experimentos con tejidos de diferentes órganos de diferentes especies demuestran la generalidad de muchos aspectos de la absorción de iones previamente reconocidos a través de la aplicación de la absorción enzima-cinético del transporte de iones en las raíces de cebada.

Los rasgos principales de la absorción de K y Rb por el tejido radical de cebada, y el tejido foliar de maíz que han sido estudiados con respecto a cinética y selectividad son semejantes con completa concordancia de los resultados de ambos tejidos: A) en las hojas con concentraciones de 0.002 y 0.2 mM, la tasa de absorción de K son una función de la concentración extrema de K de acuerdo a la cinética de Michaelis Menten Kinetics, aproximandose a la velocidad máxima teórica a la concentración de 0.2 mM. B) La constante de Michaelis para este mecanismo de absorción de K es del orden de 0.02mM. C) El Rb es absorbido a tasas similares virtualmente con la misma constante de Michaelis, y hoy muestra competencia entre K y Rb. D) Los otros cationes de alcali, Li, Na y Cs compiten con K-Rb mucho menos efectivamente que lo que estos dos iones compiten entre sí. La afinidad del mecanismo de absorción de K-Rb para Na es ta en el orden de 1-2% de su afinidad para K-Rb, en base a los valores  $K_1$  y  $K_M$ . E) Las tasas de absorción, y las constantes-cinéticas son casi idénticos, ya sea que el anión sea Cl o  $SO_4$ . F) La tasa de absorción se reduce mucho a bajas temperaturas.

Según Franke citado por Mauro (1957) en la aplicación foliar, las hojas y otros órganos son muy bien capaces de absorber nutrientes en forma gaseosa ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ) via los estomas. Sin embargo la absorción de nutrientes en forma iónica de una solución esta limitada ya que las células epidérmicas externas de la hoja estan cubiertas por la cutícula. Esta consisten en películas de cera alternando con lamelas de cutina. La cutina misma es un condensador de ácidos grasos  $\text{C}_{18}$  hidroxi de naturaleza hemihidrofílica. La cutícula por lo tanto, es solo parcialmente permeable al agua y solutos disueltos.

Aquellos nutrientes que son tomados pueden ayudar a satisfacer las necesidades de nutrientes de la planta. La absorción de nutrientes por el tejido foliar es más efectiva entre más tiempo permanece la solución de nutrientes en forma de una película fina sobre la superficie de la hoja. Así en días claros calientes cuando la evaporación es alta y el agua de la aspersión foliar puede ser fácilmente evaporada, las sales se acumulan sobre la superficie foliar sin ser absorbidas. Esta causa quemaduras en la hoja. Tales efectos detrimentales pueden ser evitados usando soluciones de baja concentración (aproximadamente de 2 a 5%) y asperjando en días fríos nublados o en la tarde. Para obtener películas superficiales delgadas y así proporcionar un contacto en una superficie grande, las soluciones de aspersión foliar estan a menudo suplementadas con agentes que reducen la tensión de la superficie del agua.

Básicamente el proceso de absorción de nutrientes por las

células de la hoja es el mismo que el de absorción de nutrientes por las células radicales de la planta, siendo el principal el transporte a través de la membrana biológica, el plasmalema. Como el transporte a través del plasmalema es un proceso activo para la mayoría de los nutrientes para plantas, la tasa de absorción es influida por el estado fisiológico de la hoja. En los tejidos foliares en contraste a la raíz este proceso de absorción activo usualmente no es el paso limitante en la absorción de iones.

#### Fertilización Nitrogenada al Suelo y Follaje

Aldrich, Martínez, Abad, citados por Cumpeam (1979), los suelos alcalinos y cálcareos tienen la capacidad de fijar nitrógeno y fósforo y convertirlos en formas no asimilables por las plantas.

La fertilización foliar tiene la ventaja específica de escapar a las propiedades de estos suelos. Este método se adecua a las aplicaciones de micronutrientes que se requieren en menor dosis y no a nutrientes mayores que se requieren en grandes cantidades en el ciclo vegetativo.

Se calcula que en aspersiones foliares de los elementos N, P y K se necesitan entre 10 y 20 aplicaciones, corriendo el riesgo de quemar el cultivo.

El problema principal ésta en la cantidad que retienen de fertilizante aplicado, se calcula que una planta de 15 cm no retiene más de un 5% de la pulverización; cuando tiene 50 cm -

retiene menos del 25% quedando la mayor parte del fertilizante tirado al suelo.

Los experimentos realizados añadiendo fertilizante en el suelo, han consistido en la absorción de fertilizante con respecto al tiempo y zonas de colocación, trabajos usando diferentes dosis de sulfato de amonio y superfosfato de calcio, así como altas dosis de nitrógeno y altas densidades de siembra, y en todos se ha encontrado la misma respuesta, las aplicaciones de fertilizante al suelo son ineficientes para elevar los rendimientos en maíz.

En la Figura 6 del apéndice se muestra el ciclo del N en el suelo, donde se representan todos los procesos que sufre en sus diferentes formas así como los factores y microorganismos que intervienen para que este quede disponible para que las plantas puedan absorberlo y así nutrirse para su buen desarrollo.

#### Generalidades sobre el Cultivo

Wellhausen y Mangelsdorf, citados por Olivares (1976), el maíz es una de las plantas más cultivadas. Ya no sobrevive en forma silvestre y solo produce bajo cultivo del hombre.

Existe la evidencia de que tanto el maíz como el tripsacum crecieron mucho antes de que la agricultura se empezara a practicar en el mundo. Esta evidencia viene del descubrimiento del polen fósil con una edad estimada de 80,000 años, en una muestra de suelo que se encontró a una profundidad de 60 m

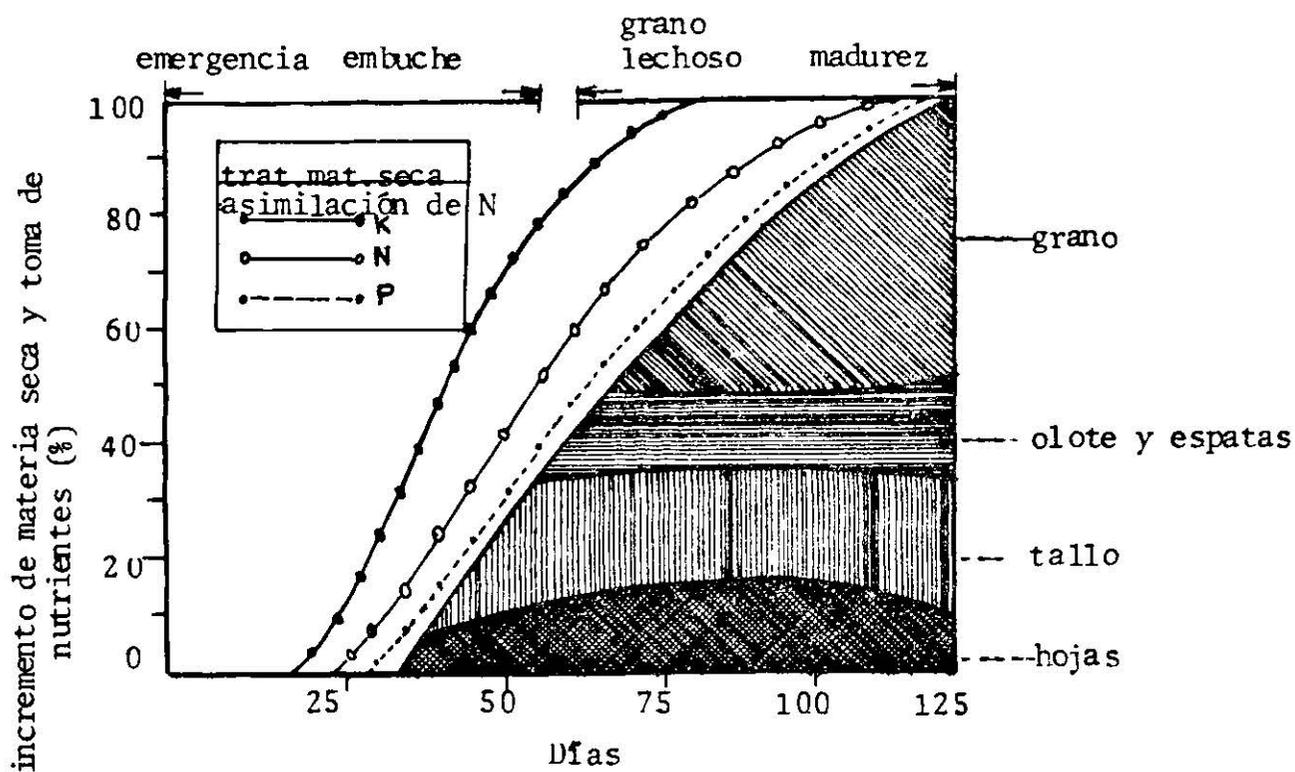


Figura 1. Incremento de la materia seca y toma de nutrientes por la planta de maíz en desarrollo. Cortesía Univ. Estatal de Iowa.

en la construcción de la torre latinoamericana en la ciudad de México.

Hay indicios arqueológicos de que el hombre lo domesticó y lo usó como alimento hace unos 7,000 años.

Hay varias teorías del origen del maíz, como la teoría de que se originó del teocintle y la otra teoría que dice que se originó del maíz primitivo tunicado, pero todavía se ignora el origen.

Olivares citado por Treviño (1977), menciona que la superficie maicera mexicana se reconocen 4 regiones principales en cuanto a su altitud y climatología:

- 1.- La mesa central a valles altos con alturas superiores a -- 1800 msnm.
- 2.- El bajío a alturas intermedias con alturas de 1000-1800 -- msnm.
- 3.- Trópico húmedo con alturas de 0-1000 msnm.
- 4.- Trópico seco con alturas de 0-1000 msnm. Esta es la más importante productora de grano.

Díaz (1969), dice que el maíz cuyo nombre botánico es Zea mays L., pertenece a la familia de las gramíneas, sub-familia de las maideas, tribu de las tripsóceas, género Zea y especie mays.

La clasificación más antigua y de importancia es aquella hecha por E. Lewis Sturtevant citado por Reyes (1971), este autor consideró 7 grupos de variedades basando su clasificación en la naturaleza y composición del endospermo y del grano en -

general, los grupos son: maíz tunicado, m. céreo, m. palomero, m. dulce, m. cristalino, m. amiláceo y m. dentado.

### Descripción del Area de Estudio

#### -Localización geográfica.

El experimento se realizó en el campo agrícola experimental de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León, en Marín, N.L., durante el ciclo (otoño-invierno) de 1988.

Esta localidad se encuentra situada geográficamente entre las coordenadas 25°53' de latitud norte y 100°03' de longitud oeste del meridiano de Greenwich, con una altura aproximada de 375 m sobre el nivel del mar.

#### -Vegetación y suelo.

El tipo de vegetación predominante es asociación de cactáceas y material espinoso e inerme. La región es de topografía plana, formada por llanuras de tipo semidesértico, interrumpidas frecuentemente por lomerías y mesetas.

Los suelos que predominan son los de tipo castaño, siendo en general de color café claro, de naturaleza calcárea, con pH alcalino, bajo contenido de material orgánico y de textura arcillosa (Agenda Técnica Agrícola; SARF, 1979).

#### -Clima y precipitación.

El clima de la región según la clasificación de Koppen, -

modificada por Enriqueta García (11), es el tipo semiárido BS<sub>1</sub> (h) h<sub>x</sub>'(e'); con temperaturas medias anuales de 22°C, y la de los meses más fríos menores de 18°C, siendo extremosas con una oscilación mayor a los 14°C entre el día y la noche.

Las precipitaciones promedio anuales son del orden de los 500 mm, con una máxima de 600 mm y una precipitación mínima de 200 mm, donde la cantidad más significativa de precipitación - anual ocurre de agosto a octubre, con precipitaciones eventuales los meses restantes, los cuales no son de importancia.

## MATERIALES Y METODOS

### Materiales

#### Herramienta

Urea

Hilo

Palas

Azadones

Estacas

Aspersora manual

Regla

Bolsas de plástico y papel

Superfosfato de calcio triple

Nivel

Estadal

Cinta métrica

#### Material agrícola (implementos)

Rastra

Arado

Escardilla

Bordeadora

Sembradora de grano unitario de 4 botes

#### Material genético

Maíz elotero variedad blanco alemán

El material se uso tanto para la delimitación del terreno donde se utilizó la herramienta nombrada, y para la preparación del terreno se usarón los implementos agrícolas y el material genético que se utilizó fue debido a que es una variedad rendidora de elote y grano.

## Metodología

Desarrollo del experimento.

Preparativos y siembra:

Primeramente se hizo la preparación del terreno en donde se barbecho, enseguida se rastreó y se delimitó el terreno experimental para después sembrar. La siembra se realizó el 19 de marzo de 1988, se hizo en seco.

Riegos:

El primer riego de emergencia se hizo el 22 de marzo debido a que había buena humedad.

El siguiente riego de auxilio (2º) se realizó el 4 de mayo, el 3º riego de auxilio se hizo el 30 de mayo y el 4º riego se realizó el 2 de julio.

Cuadro 1. Donde se muestra el manejo del experimento.

1.- Preparación del suelo	Fecha de realización
-Roturación	15 de marzo
-Rastra	17 de marzo
-Surcado	19 de marzo
-Bordeo	21 de marzo
-Regaderas	21 de marzo
2.- Siembra	19 de marzo
3.- Labores culturales	
-Escarada	20 de mayo
-Aporque	25 de mayo
4.- Riegos	
-1º riego	22 de marzo
-2º riego	4 de mayo
-3º riego	30 de mayo
-4º riego	2 de julio
5.- Plagas y enfermedades	No se presentaron por lo tanto no fue necesario el control

## Aplicación de los Tratamientos

La aplicación del fertilizante al suelo 100% fue única tanto de N (urea) como fósforo (superfosfato de calcio triple), se realizó el día 25 de mayo (66 días después de la siembra).

En la aplicación de la forma 50% al suelo y 50% foliar, de N y fósforo se realizó el mismo día de las aplicaciones 100% te rrestre (66 días después de la siembra). Y las aplicaciones fo liares se iniciaron a los 73 días después de la siembra, contan do con una frecuencia máxima de duración de 13 1/2 y un mínimo de 4 1/2 días.

Para los tratamientos de aplicación foliar de N se realizó a los 73 días después de la siembra en la etapa de floración. - Según algunos autores en esta etapa es cuando hay mayor demanda de nutrientes. La frecuencia máxima de aplicaciones fué de 27- y una mínima de 9.

Se usó una aspersora manual para las aplicaciones de los - tratamientos en la fertilización foliar con capacidad de 15 lt, cubriendo el 100% de N que se le asigno a cada tratamiento, --- usando una concentración del 6% de N puro, usando los cálculos- requeridos para asignar las cantidades de urea en gramos y el - agua en litros para cada una de las parcelas chicas, correspon- dientes a una aplicación.

Para las aplicaciones foliares se realizaron dos al día ha ciendose en la mañana (temprano) y en la tarde, ya que es lo re comendable para evitar que este el sol muy caliente y evapore - la solución, lo que evitaría la retención de ésta.

La aplicación del N y  $P_2O_5$  al suelo se realizó poniendolo en banda donde se abrió un pequeño surco mas o menos a 10 cm - de distancia de la planta y enseguida se tapo con el azadón, - para enseguida regarse (26 de mayo).

#### Control de malezas.

Para su control se hizo un deshierbe en forma manual cuando el cultivo tenía aproximadamente 40 días y se realizó enseguida un aporque con la escarda (con tractor). En general no se tuvieron muchos problemas con malezas.

#### Control de plagas.

Durante el ciclo del cultivo no hubo problemas con plagas ya que solo se encontró la presencia de gusano elotero, pero - fué leve el daño por lo que no fue necesario un control con insecticida.

#### Cosecha.

La cosecha de elote se llevó a cabo el primer corte el día 29 de junio, tomando solo los 2 surcos centrales de la parcela útil. El segundo corte se realizó el día 7 de julio. Tomandose de aquí las plantas para medirle las características.

La cosecha de grano se realizó el día 2 y 3 de agosto, tomandose de los 2 surcos restantes las plantas, las cuales sirvieron para medir sus características.

### VARIABLES REGISTRADAS.

Para la evaluación de los tratamientos se midieron los siguientes caracteres fenotípicos, componentes del rendimiento y rendimiento mismo.

#### a) Altura de plantas 1 (APPC).

Para la altura de planta se considero desde la base de la planta hasta la hoja bandera, y cuando la planta estaba en espigamiento, no se considero la espiga.

#### b) Número de plantas por surco (NPPS).

Solo se consideraron las plantas de la parcela útil.

#### c) Porcentaje de floración masculina (PFM).

Se hizo un conteo del porcentaje de la floración masculina de la parcela útil. Considerando que el 50% de las plantas estuvieron en floración.

#### d) N° de elotes/parcela útil (NEPP).

Se contaron los elotes de la parcela útil.

#### e) Pesode elotes/planta (PEPP).

Se pesaron los elotes de cada parcela.

#### f) Peso de hojas o espatas en 2 elotes (PE2E).

Se seleccionaron 2 elotes al azar y se pesaron las espatas.

#### g) Peso de 2 elotes sin espata (P2 ESE).

Se pesaron dos elotes sin espata.

#### h) Elotes dañados por gusano elotero (EDGE).

Se muestrearon 10 elotes y se cuantificó el daño en porcentaje.

i) Area foliar de la hoja bandera (AFHB).

Se midió el área de la hoja bandera al final de la cosecha de elote utilizando la fórmula  $A = \text{ancho} \times \text{largo} \times 0.75^*$ .

j) N° de mazorcas (NM).

Se cortaron todas las mazorcas de la parcela útil.

k) Peso de grano (PG).

Se desgranaron las mazorcas y se peso el grano que tenían aproximadamente un 14% de humedad.

l) Peso de elote (PO).

También se peso los elotes por parcela (2 surcos).

m) Número de elotes primera (#EP).

Se hizo la clasificación de acuerdo al diámetro y largo del elote. 7 cm en adelante de  $\phi$  y de 25 cm en adelante.

n) Número de elotes segunda (#ES).

Se tomaron en cuenta elotes intermedios de 5-7 cm de  $\phi$  y de 15 a 25 cm de largo.

o) Número de elotes tercera (#ET).

Aquí se clasificaron todos los elotes más pequeños, con un diámetro menor a 5 cm y un largo menor a 15 cm.

p) Número de elotes segundo corte (NE SC).

Se llevó a cabo otro corte de elotes haciendo de nuevo las

\*0.75 (constante)

clasificaciones.

q) Peso de forraje verde (PFV).

Aquí se pesó las plantas verdes correspondientes a la parcela útil (kg) en cosecha de elote.

r) Número de elotes primera en segundo corte (#EPSC).

Se volvía a hacer una clasificación en igual que en el primer corte.

s) Número de elotes segunda en segundo corte (#ESSC).

Se hizo la clasificación del elote de segunda tomando en cuanto la primer clasificación.

t) Número de elotes tercera en segundo corte (#ERSC).

Aquí también se tomó en cuenta la primer clasificación.

u) Altura de plantas segundo conteo (APSC).

Se hizo una segunda toma de altura de las plantas.

#### Diseño Experimental y de Tratamientos

El diseño experimental fue un bloques al azar con 4 repeticiones. El diseño de tratamientos fue un arreglo en parcelas divididas. La parcela grande estuvo formada por la modalidad de aplicación del N y dentro de la parcela chica los niveles y sus combinaciones de N y  $P_2O_5$ .

A continuación se muestran los niveles de parcela grande y chica.

Factor	Modalidad de aplicación de nitrógeno		
Parcela grande (factor A)	$a_1$	aplicación al suelo 100%	
	$a_2$	50% suelo y 50% foliar	
	$a_3$	aplicación foliar 100%	
Parcela chica (factor B)		N kg/ha	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/ha
	$b_{01}$	0	30
	$b_{02}$	25	0
	$b_{03}$	25	30
	$b_{04}$	25	60
	$b_{05}$	50	30
	$b_{06}$	50	60
	$b_{07}$	50	90
	$b_{08}$	75	60

Estos niveles se obtuvieron de la matriz experimental Plan Puebla I que se muestra en la Figura 7 del apéndice.

Tabla 1. Donde se muestran los tratamientos utilizados en el experimento de N y P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, así como sus combinaciones.

Tratamiento	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
1	0	30
2	25	0
3	25	30
4	25	60
5	50	30
6	50	60
7	50	90
8	75	60

### Modelo Estadístico

El modelo estadístico del diseño experimental es el que se muestra a continuación:

$$Y_{ijk} = M + A_i + R_k + E(a)_{ik} + B_j + (AB)_{ij} + E(b)_{ijk}$$

con  $i=1,2,3$ ;  $j=1,2,\dots,8$ ;  $k=1,2,3,4$ .

Donde:

$Y_{ijk}$  = es la observación de la variable bajo estudio de la  $i$ -ésima forma de aplicación, en la  $j$ -ésima dosis en  $k$ -ésimo bloque.

$M$  = es la media general.

$A_i$  = el efecto de la  $i$ -ésima forma de aplicación (Parcela grande).

$R_k$  = el efecto del  $k$ -ésimo bloque.

$E(a)_{ik}$  = error experimental asociado a la parcela grande.

$B_j$  = el efecto de la  $j$ -ésima dosis de fertilización (parcela chica).

$(AB)_{ij}$  = el efecto de la interacción de la  $i$ -ésima forma de aplicación con la  $j$ -ésima dosis de fertilizante.

$E(b)_{ijk}$  = error experimental de la parcela chica.

El experimento estuvo constituido por 96 parcelas experimentales chicas y 12 parcelas experimentales grandes. La parcela chica estuvo constituida por 4 surcos los cuales tenían una longitud de 5 m y 0,85 m de ancho ( $A=17.0 \text{ m}^2$ ). La unidad útil para rendimiento de elote la formaron los dos surcos centrales utilizándose 4 m de cada surco. Los otros dos surcos restantes de cada parcela se utilizaron para rendimiento de grano utili-

zandose una área de  $6.8 \text{ m}^2$ , tanto para rendimiento de elote como para rendimiento de grano.

Las medidas del experimento son:

	Area total ( $\text{m}^2$ )	Area útil( $\text{m}^2$ )
Experimento	1836.8	1632
Bloque	408	326.4
Parcela grande	136	108.8
Parcela chica	17	13.6

## RESULTADOS Y DISCUSION

### Análisis de Varianza

Para determinar el nivel de significancia estadística de la variación encontrada entre tratamientos para las diferentes variables estudiadas se utilizó la técnica de análisis de varianza. En el Cuadro 2 se presenta un resumen de resultados de estos análisis.

### Principales Estadísticos

En el Cuadro 3 se presentan los valores de los principales estadísticos descriptivos que se estudiaron para cada una de las variables del experimento.

Los resultados de los análisis de varianza, para las diferentes formulaciones de aplicación de nitrógeno, solo muestra que hay diferencia significativa para las variables: número de elotes de segunda (#ES), para este mismo factor se encontró respuesta altamente significativa para peso de dos elotes sin espas (P2ESE).

Por otra parte hubo diferencia significativa en la interacción (PFV) para las diferentes modalidades de aplicación y diferente formulación del nitrógeno.

Cuadro 2. Resumen de los análisis de varianza y significancia estadística para cada variable analizada.

Variable	S.C. A		S.C. B		S.C. AxB		S.C. Error (a)		S.C. Error (b)		Media General		C.V. %
	g. de l.		g. de l.		g. de l.		g. de l.		g. de l.		g. de l.		
a) PEPP	NS	10.987	NS	11.811	NS	11.819	NS	30.174	NS	92.202	6.746	17.933	
b) PEZE	NS	9647.500	NS	8431.500	NS	10712.750	NS	13179.500	NS	51749.000	191.068	15.000	
c) P2 SE	NS	10131.500	**	24258.500	NS	19584.000	NS	15344.000	NS	69/27.000	253.984	13.098	
d) NEPP	NS	40.769	NS	91.238	NS	90.230	NS	116.566	NS	694.156	18.760	17.693	
e) EDGE	NS	0.083	NS	22.666	NS	37.083	NS	32.167	NS	184.250	5.541	30.860	
f) #EP	NS	6.633	NS	55.239	NS	70.667	NS	53.583	NS	394.969	6.010	41.659	
g) #ES	NS	12.771	*	107.406	NS	155.562	NS	80.562	NS	384.156	7.490	32.971	
h) #ET	NS	25.333	NS	22.739	NS	173.166	NS	56.666	NS	557.219	5.177	57.446	
i) #ESC	NS	27.750	NS	11.500	NS	45.250	NS	51.416	NS	426.000	2.750	94.559	
j) #EPSC	NS	1.021	NS	2.156	NS	6.812	NS	2.479	NS	18.406	0.198	273.105	
k) #ESSC	NS	2.270	NS	2.833	NS	15.229	NS	10.396	NS	69.937	0.708	148.747	
l) #EISC	NS	9.333	NS	8.156	NS	29.500	NS	28.916	NS	248.239	1.802	110.258	
m) APPC	NS	374.500	NS	521.750	NS	1430.500	NS	3809.500	NS	5381.000	177.430	5.209	
n) APSC	NS	365.750	NS	203.750	NS	1102.750	NS	381.000	NS	4418.000	193.052	4.338	
o) NM	NS	5.019	NS	140.164	NS	135.648	NS	45.730	NS	812.687	20.458	17.556	
p) PG	NS	0.009	NS	2.586	NS	2.610	NS	1.492	NS	19.927	2.981	18.868	
q) PO	NS	18608.000	NS	104158.000	NS	48476.000	NS	89672.000	NS	751654.000	565.364	19.320	
r) AFHB	NS	2080.000	NS	2790.750	NS	9487.250	NS	2680.000	NS	45253.000	173.642	15.435	
s) PFV	NS	23.766	NS	16.282	*	49.758	NS	68.763	NS	104.687	9.403	13.709	
t) PFM	NS	1121.3/5	NS	408.500	NS	644.125	NS	892.687	NS	3782.500	87.552	18.850	
u) NPPS	NS	6.478	NS	13.268	NS	21.168	NS	14.804	NS	87.647	10.904	10.817	

\*\* Significativo al 1% ( $\alpha=0.01$ ); \* Significativo al 5% ( $\alpha=0.05$ ); NS No Significativo

Cuadro 3. Resumen de los principales estadísticos descriptivos para cada una de las variables analizadas.

Variable	Mínimo	Máximo	Rango	Des. Est.	Media	C.V.
PEPP	3.200	9.900	6.700	1.457	6.963	17.933
PEZE	112.500	275.000	162.500	36.175	191.250	15.000
P2ESE	150.000	325.000	175.000	39.121	250.893	13.098
NEPP	10.000	24.000	14.000	3.469	19.278	17.693
EDGE	1.000	10.000	9.000	2.205	5.722	30.860
CEP	0.000	14.000	14.000	3.005	5.885	41.659
CES	0.000	14.000	14.000	3.021	7.063	32.970
CET	0.000	16.000	16.000	3.115	4.500	57.446
NESC	0.000	14.000	14.000	2.505	2.250	94.559
CEPSC	0.000	3.000	3.000	0.573	0.078	273.105
CESSC	0.000	5.000	5.000	1.045	0.357	148.747
CETSC	0.000	13.000	13.000	1.934	1.409	110.258
APPC	130.500	213.000	82.500	19.052	180.625	5.208
APSC	142.000	243.000	101.000	11.101	193.052	4.338
NM	9.000	28.000	19.000	3.509	20.800	17.556
PG	1.125	4.500	3.275	0.574	3.002	18.868
PO	200.000	825.000	625.000	115.700	591.250	19.320
AFHB	86.800	266.800	180.000	37.936	176.250	15.434
PFV	5.500	14.900	9.400	2.070	9.500	13.709
PFM	45.000	100.000	55.000	10.253	90.500	8.850
NPPS	7.500	15.500	8.000	1.266	10.768	10.817

En el Cuadro 4 se observa, los promedios de los niveles de los factores de las diferentes modalidades de aplicación del N, así como las diferentes formulaciones y su interacción de dichos factores, para las variables con significancia. En dicha tabla se observa en el número de elotes de segunda (#ES) que el valor más alto se obtuvo en la modalidad de aplicación de N al suelo y al follaje que es de 1.87 elotes de esta clase, para la variable peso de forraje verde (PFV) el promedio más alto se presenta en la aplicación al suelo con 9.96 kg/parcela equivalente a 14,646 kg/ha. Mientras que el peso de 2 elotes sin espata (P2ESE) tuvo el valor promedio más alto que fué de 267.73-gr en aplicación al follaje.

Para las demás variables estudiadas no se encontró diferencia significativa para ningun factor.

Las variables número de elotes de segunda y peso de 2 elotes sin espata (P2ESE) se remontan a lo citado por Kramer (1974) donde menciona que las aplicaciones foliares son particularmente eficaces tratándose de elementos tales como el hierro y el zinc, los cuales se encuentran a menudo inmovilizados en el suelo o sistema conductor. Sin embargo, por lo general la fertilización foliar deberá contemplarse como accesoria y no sustituto de la fertilización a través del suelo.

Por otra parte la variable peso de forraje verde (PFV) se ajusta a lo citado por Rodríguez (1982), donde menciona que la fertilización foliar es una medida de corrección complementaria de algunos elementos, principalmente micronutrientes. Por lo

tanto la utilización de nitrógeno (N) y fósforo ( $P_2O_5$ ) tienen la dificultad de que necesitan de un gran número de aplicaciones para llegar a suministrar las dosis necesarias a las plantas debido a las limitaciones de la absorción foliar.

También Tisdale (1977) menciona que el suministro de urea en aplicaciones foliares ha tenido éxito, entre otros cultivos en manzanos y cítricos. Sin embargo, en cultivos de grano pequeño no son más eficientes que las aplicaciones al suelo.

Cuadro 4. Promedios para los niveles de los factores, donde se observa las diferentes modalidades de aplicación del N, así como las diferentes formulaciones y la interacción de dichos factores, para las variables que tuvieron significancia estadística.

		#ES	PFV (kg/p)	P2ESE (g/p)
A	a <sub>1</sub>	7.59	9.96	243.05
	a <sub>2</sub>	7.87	9.50	251.17
	a <sub>3</sub>	7.00	8.85	267.73
B	1 0-30	6.83	9.20	237.50
	2 25- 0	6.25	9.31	246.67
	3 25-30	6.92	8.88	253.33
	4 25-60	7.42	9.38	225.42
	5 50-30	6.33	8.97	273.33
	6 50-60	9.42	10.27	259.79
	7 50-90	8.25	9.56	261.46
	8 75-60	8.50	9.65	274.38
a <sub>1</sub>	1 0-30	8.00	9.47	196.25
	2 25- 0	5.00	9.27	251.25
	3 25-30	6.00	8.67	248.75
	4 25-60	8.50	10.08	222.50
	5 50-30	5.50	9.45	255.00
	6 50-60	10.25	11.78	251.88
	7 50-90	9.75	11.18	268.75
	8 75-60	7.75	9.75	250.00
AxB a <sub>2</sub>	1 0-30	4.75	9.03	236.25
	2 25- 0	6.25	9.75	223.75
	3 25-30	6.25	9.50	242.50
	4 25-60	8.00	10.35	227.50
	5 50-30	7.25	9.06	262.50
	6 50-60	10.75	11.00	275.00
	7 50-90	9.25	8.30	258.75
	8 75-60	10.50	9.08	283.13
a <sub>3</sub>	1 0-30	7.75	9.10	280.00
	2 25- 0	7.50	8.90	265.00
	3 25-30	8.50	8.48	268.75
	4 25-60	5.75	7.73	226.25
	5 50-30	6.25	8.43	302.50
	6 50-60	7.25	8.05	252.50
	7 50-90	5.75	9.20	256.88
	8 75-60	7.25	10.13	290.00

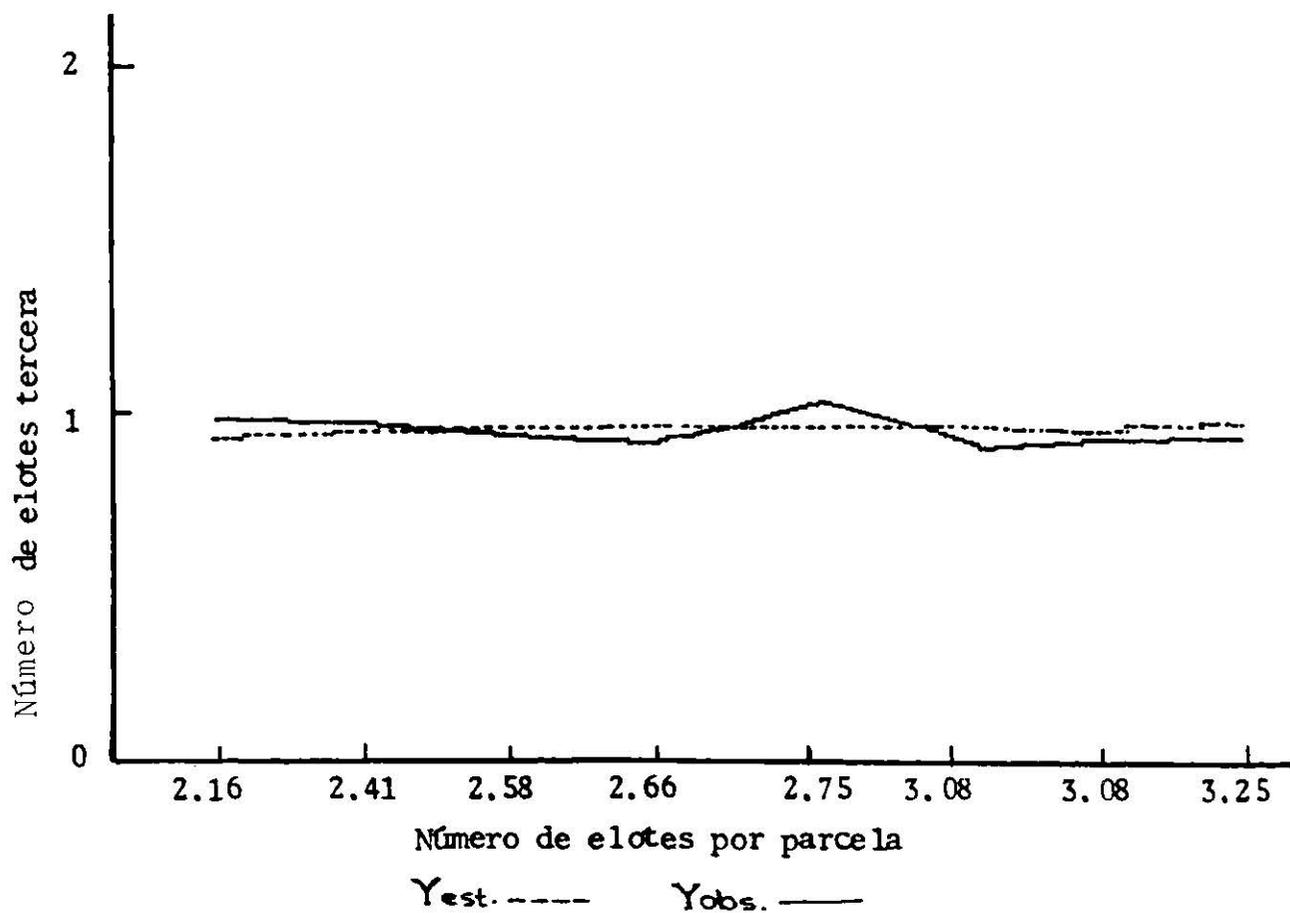


Figura 2. Relación entre el número de elotes en cuanto a número de elotes tercera.

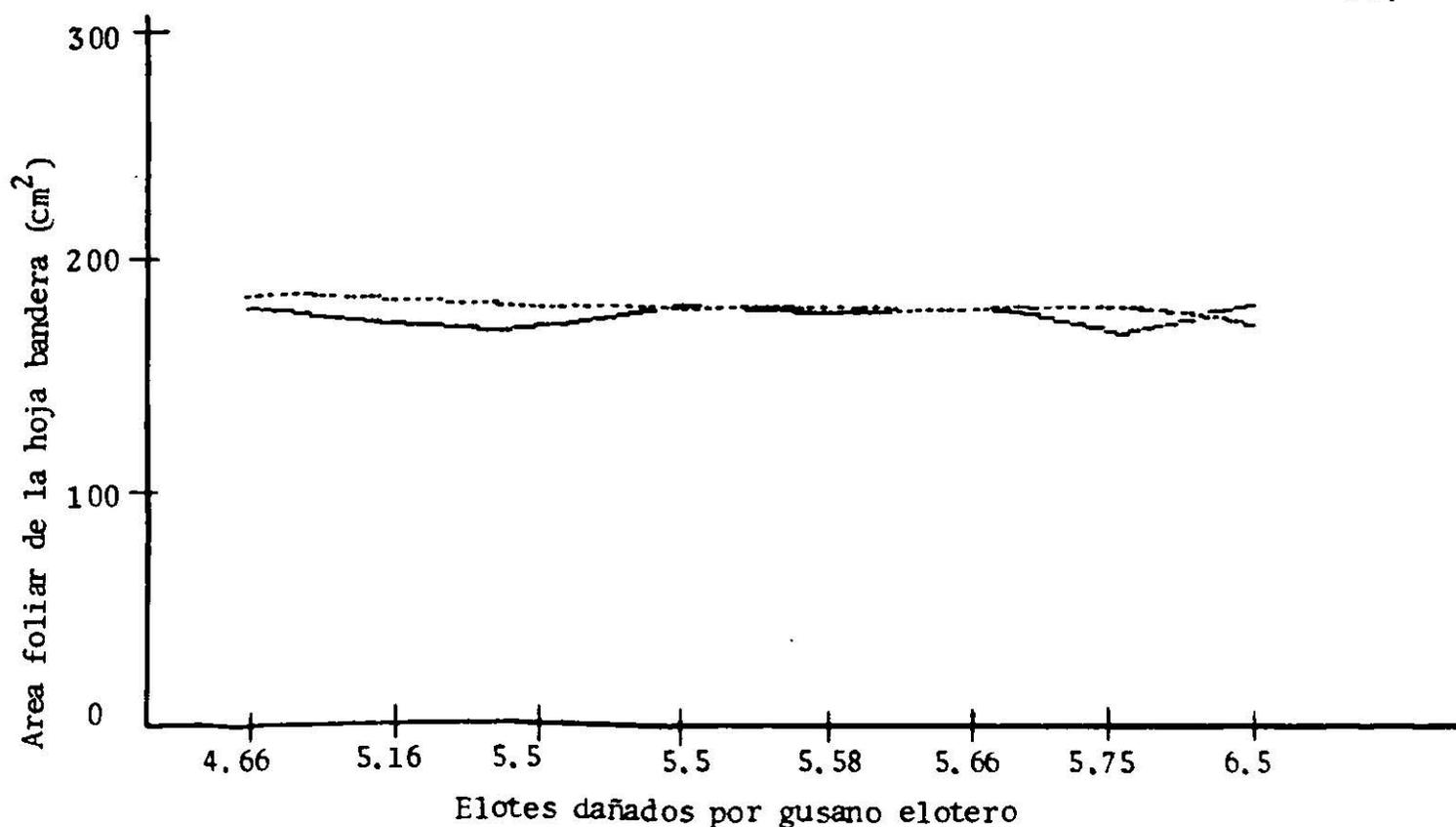


Figura 3 . Relación entre los elotes dañados por gusano elotero y área foliar de la hoja bandera, también se ve la diferencia de la Y obs. y la Y est.

Yest.----- Yobs.-----

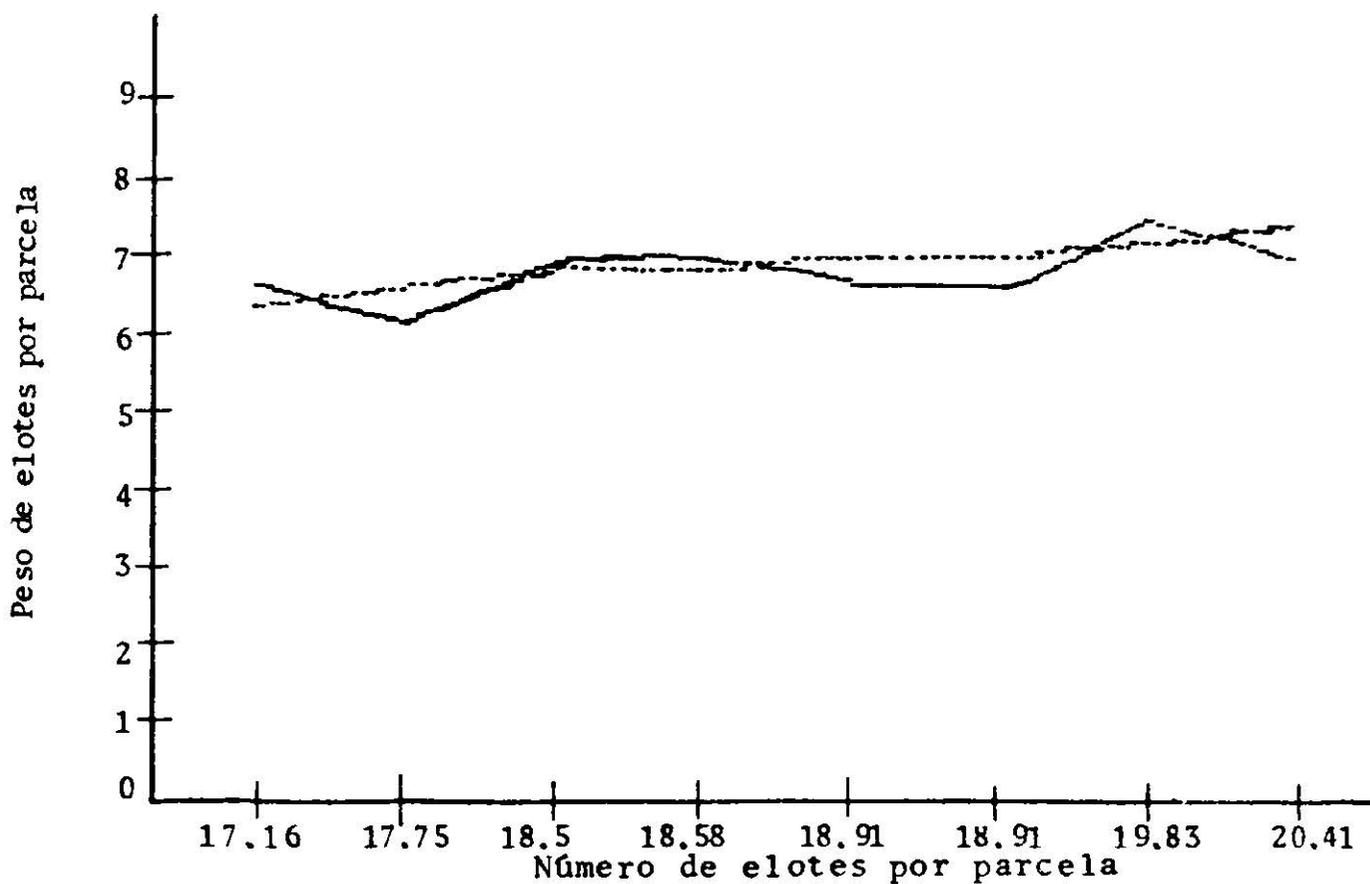


Figura 4 . Relación entre el número de elotes y el peso de elotes.

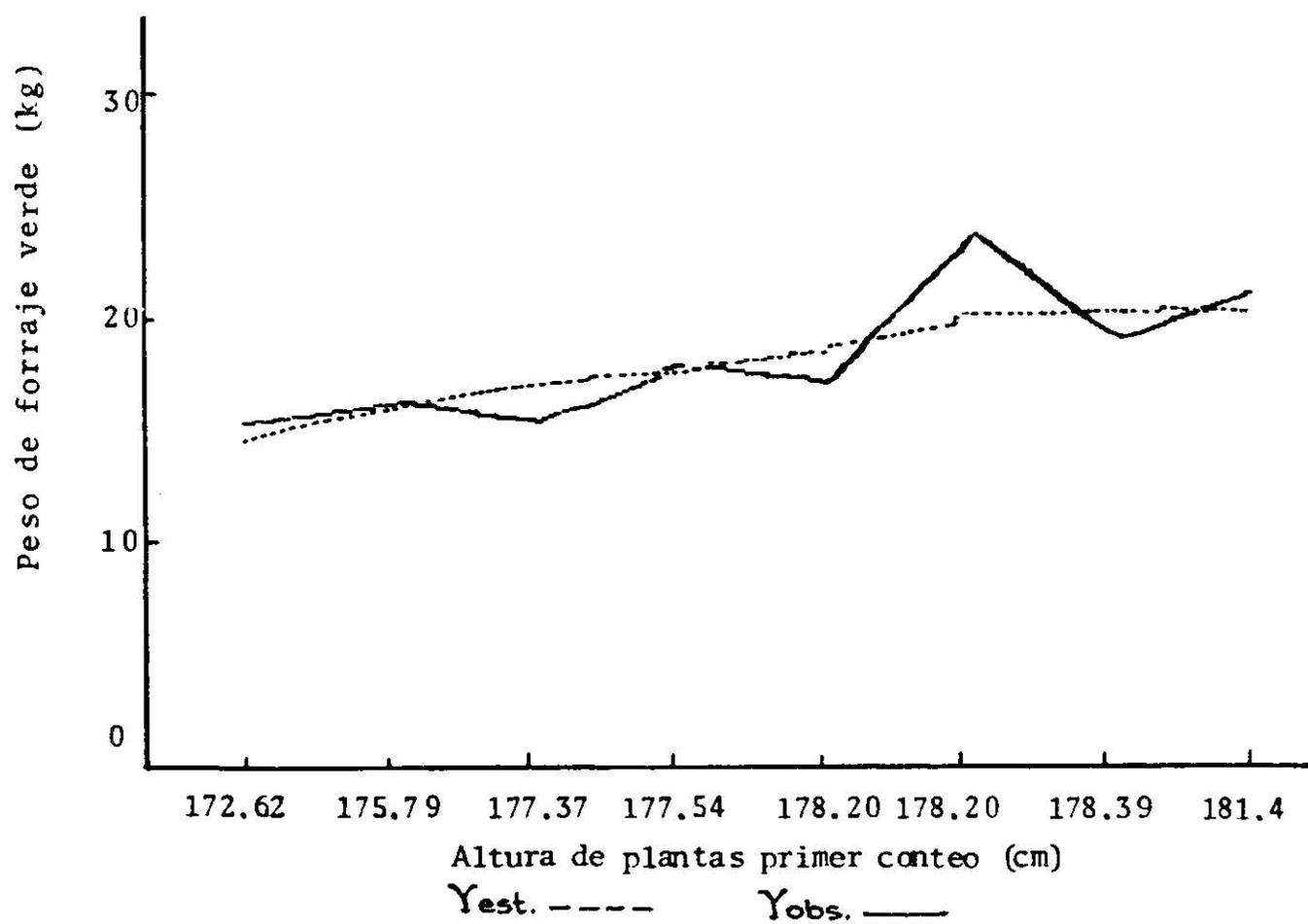


Figura 5. Relación entre la altura de plantas del primer conteo (cm) y el peso de forraje verde.

En el Cuadro 5 del apéndice se muestran las temperaturas y precipitaciones promedios totales durante el período en que estuvo el experimento; las temperaturas que se registraron en este período fuerón aceptables, ya que es lo que se requería de temperaturas que no fueran muy altas (mayores a 30°C), porque a esta temperatura o arriba en las aplicaciones foliares podría quemar el follaje de las plantas. Por otra parte las precipitaciones que se registrarón no fuerón suficientes como para evitar dar un riego de auxilio al cultivo, aunque si ayudaron en parte para el buen desarrollo del cultivo.

En el Cuadro 6 del apéndice se observa el número de orden y fechas de las aplicaciones foliares con N para los tratamientos: 50% terrestre, 50% foliar y aplicación foliar 100%. Las aplicaciones con N (urea) se usarón a una concentración de 6% haciendo las formulaciones debidas para cada parcela, estas aplicaciones se realizaron 2 veces al día, haciendolo en la mañana (8:00 a.m.) y en la tarde (5:00 p.m.), esto con el fin de evitar que la temperatura fuera muy alta aunque hubo ocasiones en que se registró esta temperatura (30°C) en la hora de la aplicación.

Las aplicaciones se hicieron durante 27 días haciendo las aplicaciones a todos los tratamientos menos al testigo de acuerdo a sus dosis correspondiente. Las dosis de N fueron 0, 25, 50 y 75 kg de N/ha.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En las variables número de elotes de segunda (#ES) y peso de forraje verde (PFV), se encontró diferencia significativa - en las diferentes modalidades de aplicación de N; donde el promedio más alto fue el de la modalidad de fertilización al suelo. Mientras que para la variable; peso de dos elotes sin espata el promedio más alto se encontró en la modalidad de aplicación de N al follaje, que es lo que se esperaba que sucediera para todas las variables estudiadas.

Por otra parte se encontró que en la interacción hubo diferencia estadística significativa en las diferentes modalidades y formulaciones (dosis) de N, para la variable peso de forraje verde (PFV).

Para que haya una continuación de este trabajo, se sugiere que se lleven a cabo otros experimentos donde se siga buscando la dosis y concentración de N adecuado, donde recomiendo usar concentraciones más bajas ya que la utilizada en este trabajo fue muy extrema (6%) la cual causaría quemaduras al follaje otra más alta, así como utilizar otras fuentes de N. También como recomendación se sugiere buscar el momento óptimo de aplicación de N al follaje que generalmente debe ser cuando la planta esta pequeña de 30 a 50 días empezar las aplicaciones - ya que desde este momento puede aprovechar mejor los nutrientes según figura 1.

## BIBLIOGRAFIA

1. Aguilar, R.I. 1979. Respuestas de 240 progenies de maíz -- (Zea mays L.) variedad NLVS-30 a la fertilización foliar-nitrogenada y; prueba de rendimiento de dos variedades; - cuatro tratamientos de fertilización y dos épocas de des-punte, en Apodaca, N.L. Tesis de maestría en ciencias I.T. E.S.M. Monterrey, N.L., México.
2. Aguirre, D.L. 1979. Efecto de la fertilización foliar en - la producción de grano y forraje y su calidad en la variedad de maíz (Zea mays L.) NLVS-1E. Tesis profesional I.T. E.S.M. Monterrey, N.L., México.
3. Anónimo, 1973. Difusión extraradicular de nutrientes en -- las plantas. Comisión Nacional de Fruticultura. Folleto-  
No. 12. S.A.G.
4. Arnon, I. 1972. Crop production in dry regions. Leonard -- Hill. London. pp. 157-161.
5. Bermea, R.C.G. Enero 1960. Estudio del nivel de fertilidad del suelo y subsuelo de las áreas agrícolas de la Escuela Superior de Agricultura "Antonio Narro". Tesis profesio--nal UAAAN, Buenavista, Saltillo. Coah.
6. Collings, G.H. 1958. Fertilizantes comerciales, sus fuen--tes y uso. Salvat Editores, S.A. Barcelona-Madrid. pp.565.

7. Cooke, G.W. 1983. Fertilización para rendimientos máximos. Compañía Editorial Continental, S.A. de C.V. México. pp. 79-83.
8. Cumpeam, G.J. 1979. Respuesta de 216 progenies de maíz --- (Zea mays L.), variedad NLVS-30 a la fertilización foliar con fósforo y nitrógeno, en Apodaca, N.L. Tesis de maestría especialidad Fitomejoramiento. I.T.E.S.M. Monterrey, N.L.
9. Diaz del P.A. 1969. El maíz cultivo-fertilización-cosecha. Editor Bartolomé Trucco, México, D.F. pp. 19.
10. Foth, H.V. et. al. 1975. Fundamentos de la ciencia del suelo. Ed. Continental. México. pp. 370-380.
11. García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasifica---ción climática de Koppen. 2a. Ed. Instituto de Geografía-U.N.A.M. México, D.F. pp. 151 y 246.
12. Garner, Hoare, Lono. 1956. Utilidad de los fertilizantes, -Cía. Editorial Continental, S.A. San Luis Potosí. No. 10.- México, D.F. pp. 25, 29.
13. Gros André. 1976. Abonos guía práctica de la fertilización. Ediciones Mundi-Prensa, Castello, 37. Madrid-1. pp. 171-172, 174, 183-184.

14. Jiménez de A.F. 1942-1943. Como viven las plantas (Ciencia y Vida). pp. 69-76, 78-85.
15. Kramer, P.J. 1974. Relaciones hídricas de suelo y plantas. Centro Regional de Ayuda Técnica. México/Beunos Aires. pp. 286-291.
16. Mauro, A. 1957. Nature of solvent transfer in osmosis Science, N.Y. 126. pp. 252-253.
17. Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1978. Principles of plant nutrition. International Potash Institute Berne Switzerland. pp. 276-277.
18. Miller, E.V. 1981. Fisiología vegetal, Unión Tipográfica. Editorial Hispano-Americana, S.A. de C.V. México. pp. 25-26, 118.
19. Morales, M.A. 1986. Mapeo de la salinidad del suelo de la parte suroeste de Galeana, N.L. usando la técnica de sensores remotos. Tesis profesional. Fac. de Agronomía, U.A. N.L. Monterrey, N.L.
20. Olivares, O.G. 1976. Resultados del programa de mejoramiento genético del maíz de la Universidad Autónoma Agraria - Antonio Narro en el trópico seco mexicano 1971-1976. Tesis profesional. Buenavista, Saltillo, Coah. México.

21. Patterson, G.J.B. 1966. Fertilizantes agrícolas. Talleres - Editoriales. Librería General. Colón 7, Zaragoza. pp. 10-11, 19-21.
22. Ramos, S.R. 1980. Efecto de la fertilización foliar N-P-K, en variedades de maíz (Zea mays L.) con características de enanismo, sobre la producción de grano y otros caracteres-agronómicos. Verano de 1979. Apodaca, N.L. Tesis profesional. I.I.E.S.M. Monterrey, N.L. México.
23. Reyes, C.P. 1971. Genotecnia del maíz para tierra caliente. Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monte---rrey. División de Ciencias Agropecuarias y Marítimas. De---partamento de Agronomía. pp. 21-22.
24. Richter, F. 1972. Fisiología del metabolismo de las plantas. Compañía Editorial Continental, S.A. México-España-Argenti---na-Chile. México 22, D.F. pp. 269.
25. Rodríguez, S.F. 1982. Fertilizantes, Nutrición Vegetal, AGT Editor, S.A. pp. 53, 56-57, 17, 22-24, 25-28.
26. Rojas, G.M. 1959. Principios de fisiología vegetal. UNAM, México, D.F. pp. 45-50.
27. Rojas, G.M. 1977. Fisiología vegetal aplicada. Ed. Mc Graw-Hill. México. pp. 111-112.

28. Rosique, V.B. 1986. Fertilización foliar con urea, Fe, Mn y Zn en zacate estrella africana (Cynodon plectostachyus Pilger) en el trópico húmedo.
29. Sabbagh, G.E.A. 1978. La fertilización foliar nitrogenada - como práctica para incrementar el rendimiento de grano en el cultivo de maíz en zonas de temporal. Tesis de maestro - en ciencias C.P. UAQV, México.
30. Selke, W. 1968. Los abonos, Editorial Academia, León (España) pp. 205-206.
31. Smith, R.C. and E. Epstein 1964a. Ion absorption by shoot tissue: technique and first findings with excised leaf tissue of corn.  
Plant physiology: 50. pp. 538-541.  
1964b. 39. Kinetics of potassium and rubidium absorption by corn leaf tissue. pp. 992-996.
32. Teuscher, H. 1976. El suelo y su fertilidad. Compañía Editorial Continental, S.A. México-España-Argentina-Chile-Venezuela. pp. 236-257.
33. Thorne, D.W. y Peterson, H.B. 1969. Técnica del riego fertilidad y explotación de los suelos, Compañía Editorial Continental, S.A. México-España-Argentina-Chile. pp. 341-342.

34. Tisdale, S.L. y W.L. Nelson. 1977. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Editorial Unión Tipográfica Editorial Hispano-americana, S.A. México, D.F. pp. 171-174, 594-596.
35. Tisdale, S.L. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes . Unión Tipográfica Editorial Hispano-americana, S.A. - de C.V. México. pp. 139.
36. Treviño, R.A. 1977. Determinación de la aptitud combinatoria de 18 líneas de maíz y sus cruzas para el trópico seco mexicano. Tesis profesional. Buenavista, Saltillo, Coah. - México.

A P E N D I C E

Cuadro 5. Temperatura media y precipitación total mensual registradas durante el período del año en que estuvo el experimento en el campo en Marín, N.L.

	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
T (1988)	14.4	19.0	23.0	28.0	27.0	29.5
PP (1988)	20.5	00.0	22.7	30.5	48.9	66.0

T = °C

PP = mm

Cuadro 6. Número de orden y fechas de las aplicaciones foliares con N para los tratamientos: 50% terrestre, 50% foliar y aplicación foliar

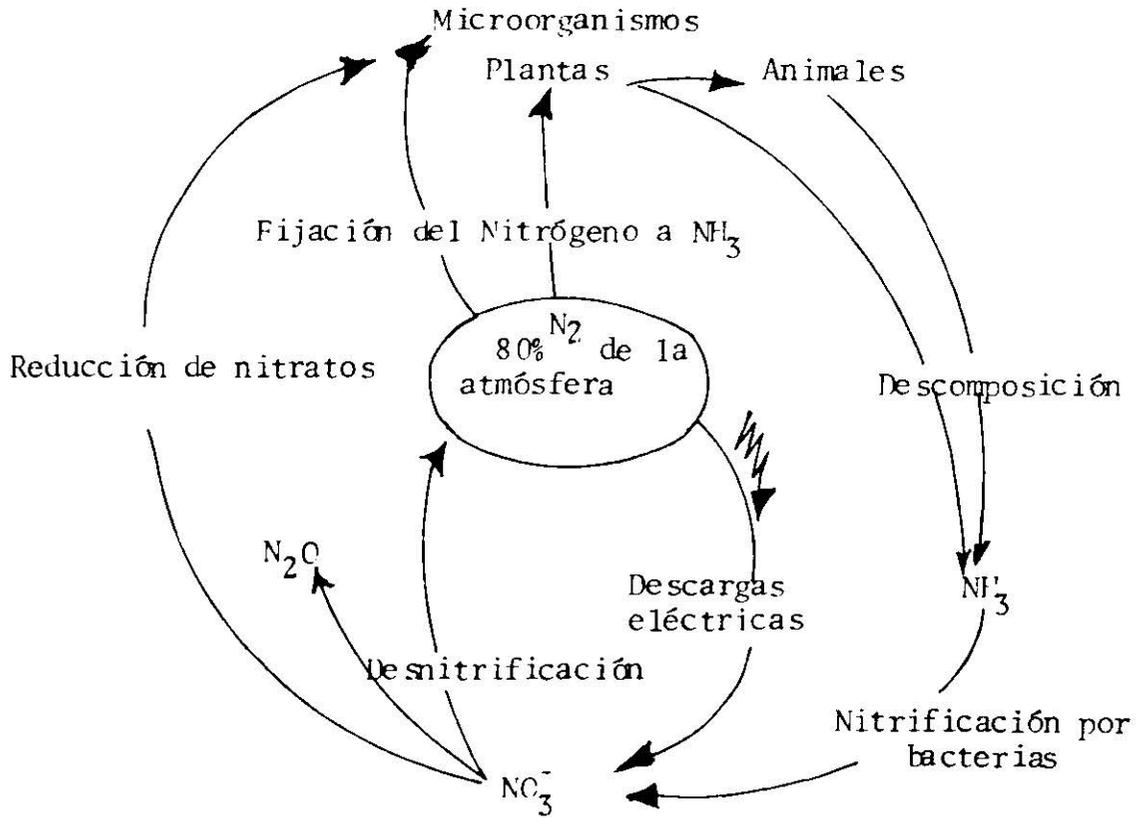
Aplicación: Núm. y Día	Kilogramos por hectárea							
	75	50	25	0	75	50	25	0
	50% terrestre; 50% foliar				Aplicación foliar 100%			
1 jun 1 am pm	*	*	*		*	*	*	
2 jun 2 am pm	*	*	*		*	*	*	
3 jun 3 am pm	*	*	*		*	*	*	
4 jun 4 am pm	*	*	*		*	*	*	
5 jun 5 am x	*	*	*		*	*	*	
6 jun 6 am pm	*	*	*		*	*	*	
7 jun 7 am pm	*	*	*		*	*	*	
8 jun 8 am pm	*	*	*		*	*	*	
9 jun 9 am pm	*	*	*		*	*	*	
10 jun 10 am pm	*	*	*		*	*	*	
11 jun 11 am pm	*	*	*		*	*	*	
12 jun 12 am pm	*	*	*		*	*	*	
13 jun 13 am x	*	*	*		*	*	*	
14 jun 14 am pm	*	*	*		*	*	*	
15 jun 15 am pm	*	*	*		*	*	*	
16 jun 16 am pm	*	*	*		*	*	*	
17 jun 17 am pm	*	*	*		*	*	*	
18 jun 18 am pm	*	*	*		*	*	*	
19 jun 19 am pm	*	*	*		*	*	*	
20 jun 20 am pm	*	*	*		*	*	*	
21 jun 20 am pm	*	*	*		*	*	*	
22 jun 22 am pm	*	*	*		*	*	*	
23 jun 23 am pm	*	*	*		*	*	*	
24 jun 24 am pm	*	*	*		*	*	*	
25 jun 25 am pm	*	*	*		*	*	*	
26 jun 26 am pm	*	*	*		*	*	*	
27 jun 27 am pm	*	*	*		*	*	*	

am = antes meridiano pm = pasado meridiano

x = no hubo aplicación debido a que ahí terminaba un tratamiento

Cuadro 7. Concentración del número de elotes y su calidad en el primer corte.

Calidad	T r a t a m i e n t o s								Nº elotes total
	1	2	3	4	5	6	7	8	Calidad
1º	58	81	75	65	84	67	80	73	583
2º	82	75	83	89	76	113	100	102	720
3º	67	68	69	58	63	61	60	50	496
	207	224	227	212	223	241	240	225	1799



Ciclo del Nitrógeno

Figura 6. El ciclo del nitrógeno en el suelo

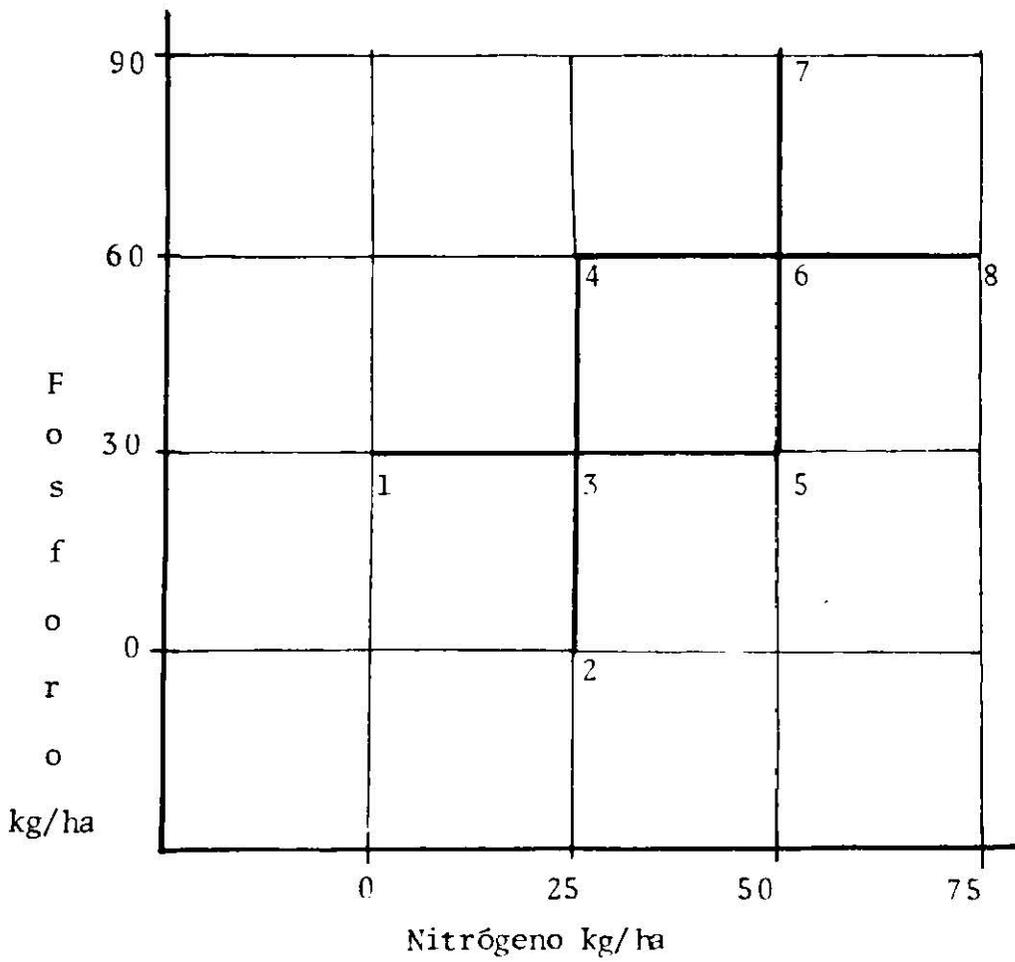


Figura 7 . Matriz experimental plan Puebla I empleada para seleccionar los tratamientos que se consideraron en el experimento, aquí se observan los niveles de N y P en sus diferentes niveles.

CANAL DE RIEGO

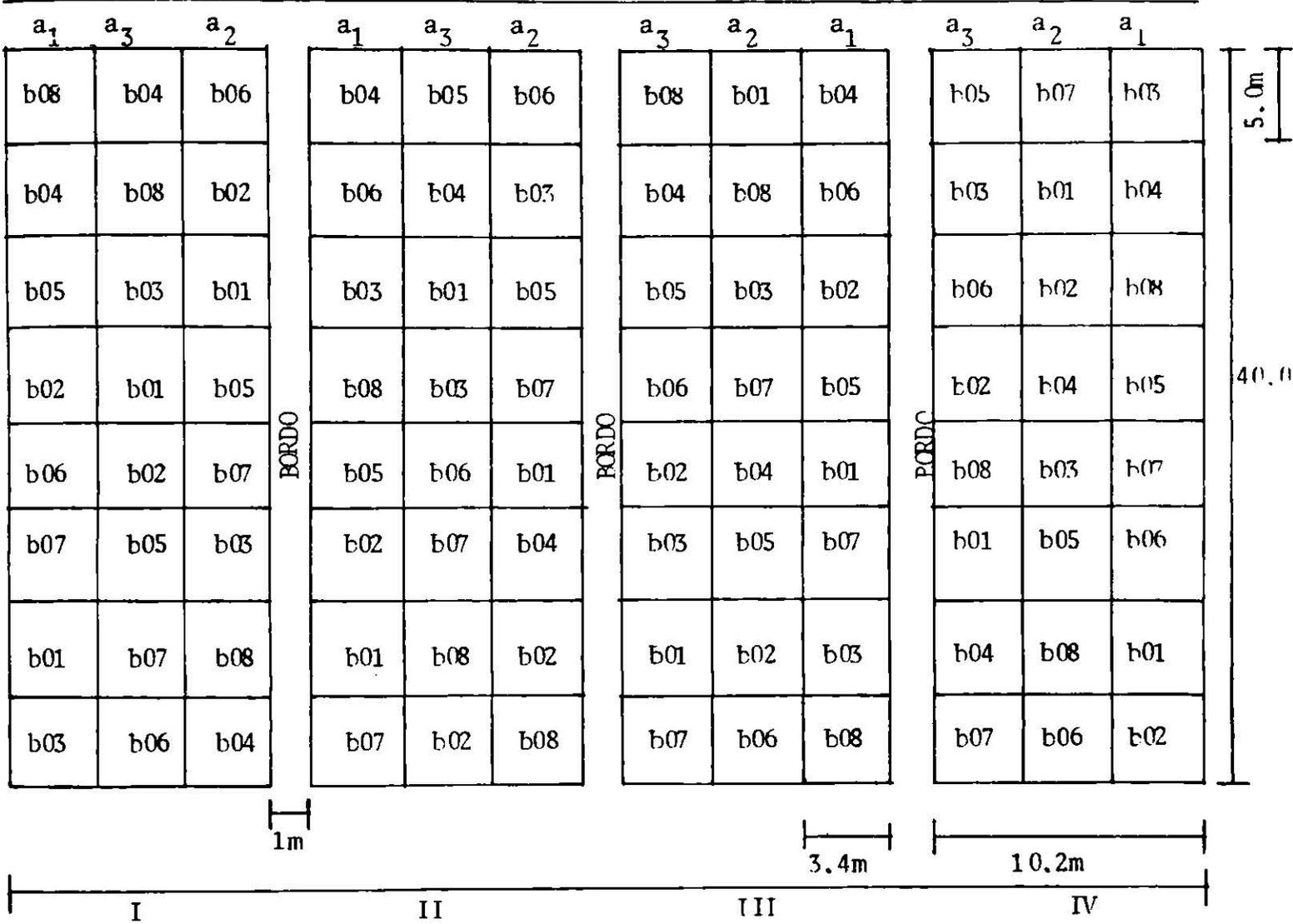


Figura 8. Croquis donde se muestra la distribución de los tratamientos en el campo.

