

24/53



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

" EVALUACION DE LA APROVECHABILIDAD DEL NITROGENO EN CHILE ANCHO (Capsicum annum L.); VARIEDAD VERDEÑO, EN SUELO DE LA F. E. S. - CUAUTITLAN, BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO "

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO AGRICOLA
P R E S E N T A :

EUSTAQUIO de SANTIAGO de SANTIAGO

DIRECTOR DE TESIS :

M. C. Carlos Orlando de la Teja Angeles



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

C O N T E N I D O

	Hoja
INDICE DE CUADROS EN EL TEXTO	iv
INDICE DE CUADROS EN EL APENDICE	v
INDICE DE GRAFICAS	v
INDICE DE FIGURAS	vi
I. INTRODUCCION.	1
II. OBJETIVOS E HIPOTESIS.	4
III. REVISION DE LITERATURA.	5
3.1 El nitrógeno del suelo.	5
3.1.1 Principales fuentes de nitrógeno	5
3.1.2 Formas de nitrógeno	5
3.1.2.1. Nitrógeno en forma libre	5
3.1.2.2 Nitrógeno natural.	6
3.1.3 Transformaciones del nitrógeno..	7
3.1.3.1 Mineralización.	7
3.1.3.2 Amonificación.	8
3.1.3.3 Nitrificación.	8
3.1.3.4 Desnitrificación	10
3.1.3.5 Fijación biológica	11
3.1.4 Factores que afectan el contenido de nitrógeno en los suelos.	11
3.1.4.1 Factores climáticos(temperatura y agua disponibles).	12
3.1.4.2 Factores locales que afectan el contenido de nitrógeno.	17
3.1.5 Fijación del ion amonio.	19
3.2 El nitrógeno en la planta.	22
3.2.1 Formas aprovechables, absorción y funciones.	22

3.2.2	Respuestas de las plantas a las aplicaciones de los fertilizantes - nitrogenados.	26
3.3	El cultivo del chile (<u>Capsicum annuum</u> L.). . .	34
3.3.1	Origen e importancia.	34
3.3.2	Principales estados productores de Chile en el país	36
IV	MATERIALES Y METODOS.	38
4.1	Características generales de la zona de estudio	38
4.2	Características de los suelos	40
4.2.1	Muestreo del suelo.	40
4.2.2	Análisis fisicoquímico del suelo.	42
4.2.3	Parte experimental.	45
4.2.3.1	Ensayo de fijación de amonio y nitrificación	45
4.3	Establecimiento del experimento en invierno.	46
4.3.1	Descripción del experimento	46
4.3.2	Preparación del suelo	50
4.3.3	Siembra	50
4.3.4	Fertilización	51
4.3.5	Riego	52
4.3.6	Combate de plagas	52
4.3.7	Descripción de los parámetros a medir	52
4.4	Evaluación del rendimiento.	53
4.5	Muestreo de hoja y de fruto	53
4.5.1	Análisis foliar y de fruto.	53
4.6	Análisis estadístico de resultados.	54

V RESULTADOS Y DISCUSION	54
5.1 Análisis del suelo	54
5.2 Ensayo de fijación de amonio	58
5.3 Análisis foliar y de fruto	62
5.4 Rendimiento	65
5.5 Altura de planta, largo y diámetro del fruto . . .	72
VI CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
VII BIBLIOGRAFIA	81
VIII APENDICE	87

Cuadro

1	Características físicas y químicas del horizonte "A" de los suelos de la PES-C.	41
2	Preparación de las muestras para el ensayo de fijación de amonio y nitrificación.	45
3	Descripción de los tratamientos usados en el presente trabajo con chile variedad verdeño	48
4	Algunas características de la variedad verdeño	49
5	Resultados del análisis del suelo.	55
6	Cantidad de amonio recuperado después de la incubación.	59
7	Cantidad de nitratos recuperados después de la incubación.	59
8	Resultado del análisis foliar para el cultivo de chile	66
9	Resultado del análisis del fruto para el cultivo de chile	67
10	Número de frutos por cada tratamiento (cosechados).	68
11	Peso en fresco (g) de los chiles cosechados de cada tratamiento.	70
12	Variables medidas para el cultivo del chile.	73

INDICE DE FIGURAS

Figura

1	Diseño experimental completamente al azar, utilizado en el presente trabajo	47
---	---	----

INDICE DE CUADROS EN EL APENDICE

Cuadro	Hoja
1 Análisis de varianza de "Análisis foliar" para la determinación de nitrógeno	88
2 Análisis de varianza "Análisis de fruto" para la determinación de nitrógeno	88
3 Análisis de varianza de "Evaluación de - rendimiento" en el cultivo de chile.	89
4 Prueba de medias(DMS, DSH y Scheffe) de "Aná- lisis foliar" en la determinación de nitrógeno..	90
5 Prueba de medias(DMS, DSH y Scheffe) "Análisis de fruto" en la determinación de nitrógeno.....	91
6 Prueba de medias(DMS, DSH y Scheffe) de "Evalu- ción de rendimiento" en el cultivo del chile.	92
7 Precipitación y temperatura(datos), tomados de la estación metereológica de Tepotzotlan Edo. de México, para el año de 1985.	93

INDICE DE GRAFICAS

Gráfica		Hoja
1	Fijación de amonio	60
2	Curva de nitrificación	61
3	Contenido de nitrógeno foliar por tratamiento.	63
4	Contenido de nitrógeno en el fruto por tratamiento.	64
5	Cantidad promedio de frutos por tratamiento.	69
6	Peso promedio por fruto por tratamiento.	71
7	Altura promedio de la planta por tratamiento..	74
8	Longitud promedio del fruto por tratamiento. .	75
9	Diámetro promedio del fruto por tratamiento. .	76

I INTRODUCCION

Uno de los principales factores que limitan la producción de las plantas cultivadas es la baja disponibilidad de los elementos nutritivos en el suelo, siendo el nitrógeno el nutriente más importante, ya que, como indican Vexkull y Jacob(1973), la vida no es posible sin la existencia de este elemento, porque todos los procesos vitales están asociados a la existencia de un plasma funcional que presenta al nitrógeno como compuesto característico, además de que es constituyente de gran número de compuestos nitrogenados de gran importancia fisiológica en el metabolismo vegetal, tales como: la clorofila, los nucleótidos, fosfolípidos, alcaloides, enzimas, hormonas y vitaminas.

La deficiencia de nitrógeno en las plantas disminuye las síntesis de proteínas y clorofila, además inhibe la formación de carbohidratos, ocasionando que las plantas permanezcan pequeñas y cloróticas. Acorta su período vegetativo y acelera la floración y fructificación(Tisdale y Nelson,1977).

La falta de nitrógeno en el suelo puede ser compensada mediante prácticas adecuadas de abonamiento y fertilización, sin embargo, hay que considerar que las plantas no aprovechan todo el nitrógeno que se incorpora al suelo; debido a la gran cantidad de reacciones químicas y biológicas que lo transforman constantemente de formas aprovechables a no aprovechables y viceversa. Por lo ante

rior es difícil determinar la cantidad de nitrógeno disponible en los suelos mediante métodos analíticos de laboratorio si éstos no han sido calibrados y correlacionados con la respuesta del cultivo a las aplicaciones de fertilizantes nitrogenados y con análisis foliares (Teuscher y Adler, 1980).

En diferentes trabajos, en los que se han determinado las condiciones de fertilidad de los suelos de la FES-Cuautitlán (Valencia y Godínez, 1981; Flores et al., 1981; De la Teja A.O., 1982) se indica que son suelos ricos en nitrógeno.

En el presente trabajo se llevó a cabo un estudio detallado del índice de aprovechamiento de nitrógeno en suelos de la FES-C. mediante ensayos de laboratorio e invernadero, empleando como planta indicadora para la correlación y calibración de este elemento en el cultivo de chile ancho (*Capsicum annuum* L.) variedad verdeño, debido a que, como lo señala la literatura (Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Celaya Guanajuato CIAB, 1980) esta planta es muy sensible a las aplicaciones de nitrógeno, además de ser un cultivo hortícola tradicional en la alimentación diaria del mexicano.

En el año de 1980, el área sembrada con chile, según datos de la DGEA, fluctúan entre 70 a 80 mil hectáreas, que da un total de producción estimado en 530 mil toneladas entre frutos frescos y secos. El principal estado productor de chile en el país fue Zacatecas con -

12,049 hectáreas sembradas (INIA, 1980). La variedad verdeño del tipo ancho de Chile, se cultiva en zonas templadas principalmente, aunque también se le cultiva en climas cálidos (León Zambrano, G., 1972).

II OBJETIVOS E HIPOTESIS

- OBJETIVOS: A) Determinar en suelos de la PES-C., la res
puesta del chile (*Capsicum annuum* L.) va-
riedad verdeño a diferentes dosis de fer
tilización nitrogenada en términos de ren
dimiento.
- B) Evaluar el aprovechamiento del nitrógeno
aplicado, mediante análisis foliar de fru-
to y análisis de suelo.
- C) Determinar las condiciones fisicoquímicas
del suelo utilizado, procedente de la PES
C. ; para evaluar su fertilidad para el -
cultivo de chile variedad verdeño.

- HIPOTESIS: A) El rendimiento del chile depende de la -
cantidad de nitrógeno aplicado al suelo.
- B) Las concentraciones de nitrógeno foliar y
fruto están relacionadas con el rendimien
to por tratamiento.
- C) La capacidad del suelo para fijar nitró-
geno se relaciona con el rendimiento del
cultivo.

III REVISION DE LITFRATURA

3.1. EL nitrógeno del suelo

3.1.1. Principales fuentes de nitrógeno

El nitrógeno existe en abundancia en la naturaleza en dos estados que son:

-Nitrógeno libre que constituye las cuatro quintas partes de la atmósfera y, sólo ciertas bacterias y algas pueden hacer uso alimenticio de él, ya que los animales y vegetales no pueden utilizarlo en forma directa.

-Nitrógeno combinado, en forma mineral u orgánica.

Al no existir en la roca madre nitrógeno, es necesario que el hombre agregue abonos o fertilizantes al suelo, con el fin de obtener buenos rendimientos. Gran parte del nitrógeno presente en un suelo cultivado, se debe a - que el hombre lo ha aplicado, ya que éste sólo proviene en forma natural de la atmósfera, después de haber sequedo un proceso microbiano (Gros A., 1976).

El más importante mecanismo de entrada del nitrógeno atmosférico al suelo, es por medio de la depositación y fijación microbológica (Vlek, et al., 1981).

3.1.2. Formas de nitrógeno

3.1.2.1.

Nitrógeno en forma libre o elemental (N_2); se encuentra como gas en la atmósfera del suelo y disuelto en el -

agua del mismo.

3.1.2.2.

Nitrógeno natural se encuentra en los suelos principalmente:

- a) formando parte de la materia orgánica
- b) fijado, de modo estable, en la red silicatada de las arcillas
- c) en forma de ion amonio
- d) en forma de nitratos

a) La mayor parte está en combinación con la materia orgánica y sólo una pequeña fracción se encuentra en forma utilizable por las plantas, tales como nitratos y amonio intercambiable.

b) Existe también una parte de nitrógeno que se encuentra, en forma de amonio fijo; fijado o ligado a las estructuras de los silicatos aluminicos (Primo, 1973; Ortega, 1978).

c y d) Combinado, en forma inorgánica, se puede encontrar como óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), amonio (NH_4^+), nitrito (NO_2^-) y nitrato (NO_3^-); se encuentran los dos primeros en estado gaseoso y en pequeñas cantidades, y los tres últimos, son formas iónicas presentes en la solución del suelo, y tienen importancia cualitativa, ya que pueden ser absorbidas y utilizadas por las plantas.

El nitrógeno que utilizan las plantas, no leguminosas, se libera principalmente de las formas minerales y no de las formas orgánicas de nitrógeno. Las formas minerales se originan, casi completamente a partir de procesos de descomposición de los compuestos nitrógenados orgánicos.

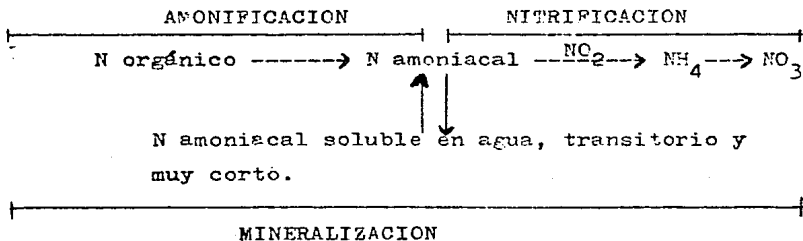
3.1.3. Transformaciones del nitrógeno

Las transformaciones mas importantes que sufre el nitrógeno en el suelo son las siguientes:

3.1.3.1. Mineralización

A la conversión del nitrógeno orgánico en formas minerales más asimilables, se le llama mineralización y se realiza en dos fases: amonificación, en la que el nitrógeno orgánico es convertido en iones amonio y, la nitrificación, en la que el ion amonio es oxidado a nitratos (Primo y Carrasco, 1973). En cada una de las etapas de la mineralización intervienen diferentes grupos de microorganismos específicos (Gros, 1976).

La secuencia que sigue el nitrógeno para su mineralización es la siguiente:



Vlek, et al., 1981, indican que el nitrógeno contenido en la materia orgánica en forma de amonio, puede ser asimilado por cada uno de los microorganismos y las plantas, o bien puede ser oxidado a NO_3^- en el proceso de nitrificación.

Gros (1976), indica que anualmente del 1 al 2% de las reservas de nitrógeno orgánico pasan al estado nitrógeno disponible para las plantas, aunque este porcentaje depende, antes que nada, de las condiciones del suelo (factores físicos, químicos y factores biológicos) para su mineralización.

3.1.3.2. Amonificación

Proceso que forma parte de la 1^a fase de la mineralización. Los organismos heterotróficos que integran la microflora y microfauna del suelo, convierten la materia orgánica a sustancias simples disponibles; para la nutrición de la planta o para la oxidación ulterior por parte de los organismos autotróficos.

La amonificación tiene lugar como resultado de la acción de las enzimas producidas por los microorganismos. Su acción es principalmente hidrolítica y oxidante. Para lograr mejores resultados, son preferibles los suelos bien desaguados y aireados (proceso aeróbico) para obtener una amonificación rápida (Tamhane R.V., 1981).

3.1.3.3. Nitrificación

La nitrificación es obra de bacterias autotróficas aeróbicas, y consiste en la producción de nitratos a partir de sales de amonio.

La nitrificación ocurre por lo menos en dos etapas que son: de amoníaco a nitrito y de nitrito a nitrato. Estos cambios los llevan a cabo diferentes grupos de bacterias. La formación de nitrito la realiza Nitrosomonas, mientras que la formación de nitrato es efectuada por Nitrobáctera (Tamhane, 1981; Primo y Carrasco, 1973).

Pineda (1980), observó que la capa del suelo más superficial es la zona de más activa nitrificación, en la cual disminuyen los iones amonio y aumentan los nitratos.

Puchades, et al., 1983, encontraron en experimentos realizados mediante aplicaciones de urea y sulfato de amonio, que ocurría una rápida nitrificación del nitrógeno aplicado, ya que después de una semana que se agregó, la mayor parte del nitrógeno fue liberado en forma de iones de amonio; después de dos semanas, el 50% había sido nitrificado. Al final de la cuarta semana, el 98% del nitrógeno que se liberó fue en forma de nitratos. Encontrando, que para la aplicación de urea como de sulfato de amonio hacia la cuarta semana, los porcentajes de nitratos fueron idénticos para ambas fuentes de nitrógeno.

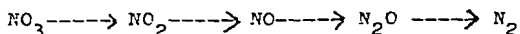
Locascio, et al., 1981, señalan que encontraron una rápida nitrificación, al aplicar varias fuentes de nitrógeno (urea, sulfato de amonio y amoníaco), en diferentes suelos.

3.1.3.4. Desnitrificación

La desnitrificación, es el proceso que origina la conversión de los nitratos del suelo a nitrógeno gaseoso (N_2) u óxido nitroso (N_2O), este proceso se realiza también gracias a la actividad microbológica.

Gayon y Dupetit, 1866 (citados por Tamhane R.V., 1981), demostraron que la desnitrificación se debe a la acción de multitud de bacterias; de las cuales aislaron y describieron con detalle la fisiología de las Bacterium denitrificans a y b, y encontraron que la especie "a" producía tanto N_2O como N_2 , en un medio sintético, a diferencia de la especie "b" que producía solo N_2 y no consumía todo el nitrato. Más tarde descubrieron, otras bacterias pertenecientes a los géneros Pseudomonas, Micrococcus y Bacillus. Los índices de desnitrificación varían en distintos suelos, de acuerdo al contenido de humedad, M.O. y aireación del suelo; de acuerdo al pH y, en base al tipo de estructura y textura de los mismos (Primo y Carrasco, 1973).

Payne, 1973 (citado por Vlek, et al., 1981) resumió el camino de la desnitrificación (aceptado por varios investigadores) como sigue:



Vlek, et al., 1981, indican que el mayor porcentaje de desnitrificación ocurre en la superficie del suelo -

cuando se aplica urea como fertilizante nitrogenado, -
que cuando se aplica del mismo en la parte subterránea.

3.1.3.5. Fijación Biológica

La fijación biológica del nitrógeno es uno de los -
tres procesos naturales más importantes; los otros dos
son la fotosíntesis y la respiración. La fijación bioló-
gica del nitrógeno es probablemente, una de las fuentes
principales de nitrógeno en los suelos.

Los organismos que fijan el nitrógeno de la atmósfe-
ra son: de vida libre y, los simbióticos. Del primer gru-
po tenemos a Azotobacter y Clostridium, y al de los sim-
bióticos tenemos las bacterias de las legumbres de los -
géneros Rhizobium (Tamhane R.V., 1981).

Señalan Vlek, et al., 1981, que el nitrógeno compren-
de un ciclo interno que incluyen la inmovilización y la
mineralización sucediendo éstas en forma continua y sien-
do las responsables de los cambios en las reservas de ni-
trógeno mineral de los suelos. Simultáneamente ocurre un
ciclo externo en donde, el nitrógeno mineral puede ser -
convertido a formas gaseosas por medio de la desnitrifi-
cación o liberación de amoníaco de la solución del suelo.

3.1.4. Factores que afectan el contenido de nitró- geno en los suelos

El contenido de nitrógeno en los suelos está deter

minado, por un sin número de factores que tienen efecto sobre él, como son:

3.1.4.1. Factores climáticos (temperatura y agua disponibles).

Jenny (citado por Ortega, 1980), demostró que el contenido de nitrógeno disminuye conforme la temperatura aumenta y, que para el factor humedad, sucede lo contrario, es decir, que conforme aumenta la humedad (a capacidad de campo como máximo) el contenido de nitrógeno también aumenta.

Ortiz (1967), menciona que el nitrógeno nítrico es totalmente móvil en los suelos, dentro de ciertos límites se moviliza con el agua del suelo. Además bajo condiciones de lluvia excesiva puede ser lavado del horizonte superficial. Durante periodos de extrema sequía, cuando el movimiento capilar del agua es posible se puede acumular en los horizontes superficiales del suelo o aún en la superficie.

Vlek, et al (1981), observaron que cuando se alteran condiciones de mojado y secado en el suelo se debe cuidar el movimiento del nitrógeno mineral, debido a que un mojado excesivo produce la lixiviación del nitrógeno; y cuando el suelo se encuentra en condiciones de secado el nitrógeno se pierde por volatilización o por movimiento capilar del agua.

Los mismos autores indican que cuando la temperatura y la humedad son adecuadas, estos factores condicio-

nan que se de una buena actividad biológica en el suelo, y por tanto se de una alta disponibilidad del nitrógeno mineral, el cual puede ser aprovechado por los cultivos, lo que da como resultado un aumento en la biomasa (peso seco) de los mismos.

Cuando ocurren fluctuaciones estacionales extremas en las condiciones del suelo, particularmente a grandes altitudes, en donde las temperaturas varían de 0 a 60°C, mientras que la humedad puede estar a capacidad de campo o en punto de marchitamiento, se provoca un gran impacto sobre la dinámica del nitrógeno, lo que ocasiona una serie de fenómenos en las transformaciones del mismo. Por ejemplo, durante períodos secos la descomposición del carbono excede a la mineralización del nitrógeno, dando como resultado una disminución en la relación C:N la que favorece la mineralización total a humedad constante (Birch, 1960) citado por Vlek, et al., 1981.

Vlek, et al., 1981, dicen que la temperatura y el pH también afectan la composición de los productos gaseosos de la desnitrificación, por ejemplo, se observa una alta cantidad de N_2O y N_2 a temperaturas inferiores, y una proporción alta de N_2 a temperaturas elevadas Bailey, 1976; Nomik, 1956; Keeney, et al., 1979 (citados por Vlek, et al., 1981).

A la vez, Brezonik (1976); citado por Vlek, et al., 1981, menciona que las concentraciones de nitrógeno en las lluvias o aguaceros son sumamente variables debido a una serie de factores que son del tipo cualitativo. Estos facto

res incluyen condiciones climáticas y frecuentemente aguaceros torrenciales y otros factores naturales que provocan erosión en el suelo.

Locascio, et al., 1985, observaron en experimentos realizados con el cultivo de chile, bajo sombreado; a base de cubierta de plástico y paja, que el uso y eficiencia del nitrógeno por parte de las plantas cultivadas en estado adulto, dependen de las condiciones de húmedad existentes en el suelo o del medio en donde estén éstas, además de la capacidad de intercambio catiónico existente (éstas son las condiciones que limitan o favorecen la nutrición adecuada de los cultivos). En estudios que realizaron con el tipo Bell de chile en el que probaron diferentes dosis de fertilizante de sulfato de amonio, encontraron que la acumulación de nitrógeno en el cultivo, se debió a que no se agotó el fertilizante aplicado al suelo, influido por la cubierta de polietileno y, de paja, que se usó durante el experimento. De lo que se concluye, que fue gracias a ésto que se evitó la pérdida de nitrógeno por volatilización.

Mencionan Puchades, et al., 1983, que buena parte del fertilizante que se agrega al suelo en la parte superficial del mismo, se pierde por liberación, lixiviación y volatilización; debido al efecto de los factores temperatura y húmedad, y que además también contribuye el tiempo que pasa el fertilizante en la superficie del suelo, desde que se aplica hasta que se disuelve o bien se pierde por las vías ya mencionadas. Por ejemplo, tenemos que al aplicar urea en gránulos, del total que se aplica, prácticamente todo el nitrógeno se libera durante la primera semana

(90.2%) y después de 28 días, los porcentajes que se alcanzan son de 96.8%.

Los mismos autores mencionan que análisis del agua - del suelo, provenientes de tratamientos fertilizados con urea, revelaban que el nitrógeno lixiviado fue mayor del que se aplicó en los tratamientos, y que prácticamente todo el nitrógeno percolado (99%) se encontraba en forma de nitratos.

En experimentos realizados por Fuchades, et al., 1983, observaron al trabajar con sulfato de amonio y urea, que además de la lixiviación y otros factores que alteran o transforman el nitrógeno del suelo, se tiene la difusión del nitrógeno en la solución del mismo, además encontraron que, para ambas fuentes de nitrógeno la difusión fue similar aunque la difusión pareció que tendía más hacia lo alto de las capas del suelo, debido probablemente al aumento hacia arriba del movimiento de la solución del suelo como resultado del aumento en la evaporación después de la irrigación.

Los mismos autores, en experimentos que realizaron con urea y sulfato de amonio, encontraron que la lixiviación del nitrógeno en forma de nitratos es total, los que van a dar a capas profundas del suelo, como también fuera de ellas o de las macetas en donde se encuentran las plantas. Lo anterior sucede cuando los riegos no se hacen de forma adecuada o bien cuando hay exceso de agua por condiciones atmosféricas unido a esto un mal manejo del cultivo.

El balance total de nitrógeno en porcentaje, al final del experimento para dos fuentes de nitrógeno (en términos de nitrógeno lixiviado y adsorbido por el suelo, es el siguiente:

Características	Sulfato de amonio(%)	urea(%)
Total de nitrógeno en las capas del suelo	22.3	5.1
Total de N lixiviado	42.7	57.65
Total de N en los gránulos	29.5	-
Otras pérdidas de nitrógeno	<u>5.5</u>	<u>37.25</u>
Total - - - - -	100%	100%

De lo anterior, los autores concluyeron que en los recipientes donde se agregó la urea, el 57.65% del nitrógeno original fue lixiviado debido a los riegos aplicados, además los gránulos se disolvieron completamente, y al final del experimento sólo el 5.1% de nitrógeno fue el que quedó en el sustrato contenido en los recipientes; el 37.25% restante posiblemente se perdió en su mayoría, debido a los procesos de desnitrificación que ocurrieron en condiciones anaeróbicas durante la irrigación y, su incorporación sobre la M.O. por la volatilización del amonio.

En los recipientes en donde se agregó el sulfato de amonio, el 42.7% del nitrógeno se lixivió al final del experimento, el 22.3% del nitrógeno quedó en las capas más profundas del suelo y el 29.5% fue el que quedó en los gránulos, siendo solo una pequeña cantidad (5.5%) la que se perdió por volatilización.

3.1.4.2. Factores locales que afectan el contenido de nitrógeno

Dentro de los factores locales que afectan la desnitrificación, tenemos la vegetación, que puede ser considerada ya sea como un factor general o local. A pesar de que la vegetación está relacionada con el clima, existen diferencias locales que no lo están. Estas diferencias están asociadas con variaciones en el contenido de nitrógeno en los suelos. Otro de los factores son: la pendiente, la textura del suelo y la profundidad de aplicación del nitrógeno (Ortega, 1980).

Smith y Delaune (1984) encontraron en experimentos con arroz que la mayor desnitrificación ocurrió cuando se aplicó la urea en la superficie y no en la aplicación subterránea.

En estudios en campo por Crowley (citado por Smith y Delaune, 1984) en sustratos de limo y arcilla encontró que las pérdidas de urea aumentaron en ausencia de las

raíces de las plantas, y fueron reducidas en forma significativa en presencia de ésta.

Se estima en forma general, que las mayores pérdidas de nitrógeno en los agroecosistemas se deben a: las cosechas, la lixiviación, los procesos de erosión, desnitrificación y la volatilización de amonio (Rosswall y Paustian; 1984).

Otro de los efectos locales, es el contenido de nitrógeno en el suelo; el cual es muy importante ya que los microorganismos en presencia de M.O. y condiciones óptimas de ambiente metabolizan la materia carbonada, desprendiendo CO_2 , y consumen para su síntesis protéica el N - inorgánico asimilable. Por tanto disminuye el contenido de nitratos y aumenta el nitrógeno orgánico no asimilable, dando como resultado la inmovilización del nitrógeno.

Como se ha mencionado, uno de los principales factores del que depende el contenido de nitrógeno en el suelo es el lavado del mismo por exceso de agua y del fenómeno de percolación, sobre todo en suelos ligeros. La falta de plantas en desarrollo activo, con sistema radicular profundo y fuerte absorción de nitrógeno dan lugar a pérdidas muy notables de los nitritos añadidos, y del NO_3^- - formado a partir de M.O. del suelo y del NH_4^+ (Primo y Carrasco; 1973).

La distribución del nitrógeno en el suelo, va a estar de acuerdo con la profundidad a la que se localiza la acumulación de M.O. ; a pesar de que el contenido -

máximo se ubica en la parte superficial de todos los suelos, su distribución a través del perfil varía. En general se puede decir que la mayor cantidad de nitrógeno y M.O. se encuentra en los primeros 60 centímetros del perfil.

De las formas en las que se encuentra el nitrógeno - en el suelo, depende de la cantidad disponible del mismo en el suelo, junto con la actividad de los microorganismos del mismo, que pueden fijar el N_2 de la atmósfera o bien transformar el NH_4^+ y NO_3^- a NO , N_2O ó N , como también pueden mineralizar el N orgánico, a su forma nítrica y amoniacal para que pueda ser aprovechado por las plantas (Ortega, 1980; Primo y Carrasco, 1973).

3.1.5. Fijación del ion amonio

Ortiz (1984) menciona que en años recientes se ha demostrado que aproximadamente el 5% del nitrógeno total en el suelo superficial, y 60% del N total en el subsuelo, es retenido como ion amonio (NH_4^+) no intercambiable fijado.

A la fijación de amonio se le define como la adsorción de los iones amonio por la fracción mineral y orgánica del suelo en forma tal que son insolubles en agua, y relativamente no son intercambiables por los métodos usuales del intercambio de cationes.

El mecanismo de fijación de amonio parece ser el mismo que para el Potasio, esto es, que se hace difícil el -reemplazamiento del ion amonio (NH_4^+) por cationes tales co-

mo Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e H^+ , entre dos estructuras cristalinas de la arcilla silicatada del tipo 2:1 .

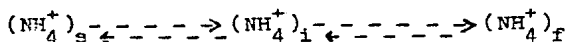
Cuando los iones de NH_4^+ reemplazan a otros cationes, - la red de cristal de la arcilla se puede contraer al perder humedad, atrapando los iones de amonio en la forma no intercambiable (fijándolos). El amonio fijado puede ser lentamente liberado por los cationes que expanden la red, esto es, por los cationes Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ e H^+ . El potasio - contrae la red y por lo consiguiente no reemplaza el amonio fijado.

La cantidad total de amonio fijado en el suelo está directamente relacionado con la cantidad y clase de arcilla presente: a mayor cantidad de arcilla, mayor será la cantidad de amonio fijado y entre más alto sea el porcentaje de arcilla que corresponda al tipo de expansión de - la Montmorillonita, mayor será la proporción de fijación. Los suelos que contienen Caolinita, una arcilla 1:1 que no se expande, exhiben menos fijación de amonio (Ortiz V. B. y Ortiz S.A., 1984).

El radical amonio (NH_4^+) es adsorbido y retenido por - el material coloidal del suelo. De este modo no está sujeto a remoción por las aguas de lavado como sucede con el ion NO_3^- . El amonio puede ser retenido en el suelo por largos períodos, si las condiciones para la nitrificación - son desfavorables. En suelos con alta capacidad de intercambio de cationes; el amonio es mejor adsorbido, quedando impedido su movimiento al subsuelo (Ortiz V.B., 1967).

Ortega(1980) indica que se puede definir la fijación de amonio como el proceso por el cual este elemento se transforma a una forma difícil de extraer mediante el uso de una solución salina.

El mecanismo de fijación del ion amonio ocurre en materiales micáceos cuyos láctices han sido desprovistos de potasio, el amonio ocupa el sitio de aquél. Se dice entonces que existe un equilibrio dinámico entre el NH_4^+ en la solución del suelo $(\text{NH}_4^+)_s$, el amonio intercambiable $(\text{NH}_4^+)_i$ y el amonio fijado $(\text{NH}_4^+)_f$. Dicho mecanismo se expone enseguida:



Los factores que influyen la fijación del amonio son:

- Una alta concentración de amonio soluble.
- La temperatura, mientras mayor sea ésta; mayor será la fijación.
- Húmedad. A mayor húmedad menor fijación.
- El congelado de muestras produce mayor fijación.
- Los suelos de textura fina, fijan más amonio.

- El efecto competitivo entre iones (compiten más con el ion amonio) como el potasio, rubidio y cesio.
- pH mayor que 7 aumenta la capacidad de fijación del amonio.
- A mayor cantidad de M.O. de un suelo, mayor será la fijación de amonio.
- El tipo de arcilla; la illita y la Montmorillonita permiten la fijación de amonio.

La asimilación del ion amonio fijado está dada por su transformación a nitratos, los microorganismos nitrificantes sólo son capaces de nitrificar del 13 al 28% del amonio fijado; y los heterotróficos nitrifican el 65% del amonio fijado; sin embargo esta alta nitrificación sólo se presenta cuando se ha eliminado del suelo el potasio, cuando éste está presente el porcentaje de nitrificación del NH_4^+ se reduce a 10% del total (Ortega, 1980).

3.2. El nitrógeno en la planta

3.2.1. Formas aprovechables, absorción y funciones

Las formas aprovechables de nitrógeno son el ion amonio (NH_4^+) y el ion nitrato (NO_3^-), siendo ésta ú

tima forma la más aprovechable por las plantas.

En condiciones de campo, la principal fuente de nitrógeno disponible para las plantas es el nitrato, que como ya se dijo es producido por las bacterias nitrificantes del suelo al convertir con rapidez el nitrógeno amoniacal o la urea que entran al suelo por descomposición y excreción o que se añade como fertilizante. Las plantas pueden utilizar nitratos debido a que poseen un sistema especial de enzimas (que no se encuentra por lo común en los animales) para reducir el nitrato a amonio (Ray, 1980).

Ortiz (1984) menciona que la mayoría de los vegetales absorben el nitrógeno nítrico y amoniacal pero la forma final en que el nitrógeno es asimilado al vegetal es en la forma del grupo amino (NH_2).

El nitrógeno reunido por las leguminosas puede ser utilizado de tres modos: absorbido por la misma planta, excretado del nódulo al suelo y puede ser utilizado por plantas asociadas con la leguminosa, o cuando la leguminosa es enterrada en el suelo o muere el nitrógeno puede ser liberado después de la descomposición de los nódulos y otras porciones de la planta (Ortiz, 1984).

Las formas asimilables de N-NH_4^+ y el N-NO_3^- generan diferentes reacciones bioquímicas en la planta. El N-NO_3^- durante su asimilación produce una elevación del pH, en cambio el NH_4^+ al descomponerse en amoníaco e iones hidrógeno (NH_3 e H^+) produce un abatimiento del pH en las

en las células vegetales. El NH_4^+ tiene mayor influencia que el NO_3^- en su absorción por el pH del medio. Algunos autores indican (Pineda, 1980; Ortíz, 1967) que en plantas jóvenes de cebada, remolacha y papa a pH de 6.8 el NH_4^+ y NO_3^- son absorbidos casi en la misma proporción, mientras que a pH 4 son absorbidos los nitratos en proporción considerablemente mayor. Alcalde, 1977 (citado por Pineda, 1980) indica que el rango de absorción de pH del NO_3^- es de 4.5 a 7 y del ion amonio (NH_4^+) es de 5.5 a 6.5 principalmente.

Las formas minerales del nitrógeno presentes en un suelo constituyen la mayor fracción de este nutriente aprovechable por las plantas; sin embargo por regla general su contenido no provee una buena estimación de la asimilación del nitrógeno presente en el suelo por las plantas. Esto se debe a que el contenido de nitrógeno mineral en un momento dado representa generalmente una proporción pequeña y variable de la cantidad total que será disponible para un cultivo durante todo su crecimiento; esta variabilidad es debida a que la forma mineral de nitrógeno esta influenciada por el manejo reciente que se le haya dado al suelo, en consecuencia las medidas de N mineral no pueden ser hechas con el propósito de estimar su aprovechamiento para el cultivo dado (Ortega, 1978).

Primo (1973) menciona que el ion NO_3^- es la forma adecuada y preferida para la absorción del nitrógeno por las plantas y, por tanto, los nitratos añadidos al suelo pueden satisfacer directamente las necesidades de los cultivos.

El ion amonio (NH_4^+) se absorbe en escasa cantidad - si no es oxidado previamente a NO_3^- , pero es retenido - en forma disponible por los puntos activos de intercam bio catiónico.

En suelos bien aireados, la oxidación del amonio - a nitrato es un proceso rápido y, por ello, el N inor gánico asimilable está sobre todo en forma de nitratos (Primo, 1973; Ojeda, 1970).

Aparte de las formas iónicas del nitrógeno (NH_4^+) y (NO_3^-) asimilables, existen materiales más complejos tales como aminoácidos y ácidos nucleicos solubles en agua, que pueden ser directamente absorbidos y utiliza dos por las plantas superiores, sin embargo no se en cuentran en los suelos en cantidades apreciables.

Algunas especies de plantas en soluciones nutritivas o en cultivos de arena, parecen desarrollarse mejor con el ion NH_4^+ , mientras que otras prefieren el nitróge no en forma de nitratos y más aún, en otras no se notan diferencias. A excepción de cultivos como el arroz, la ma yoría de las plantas cultivadas en suelos con buen dre naje absorben mayores cantidades de nitrógeno como ni tratos debido a las transformaciones del Nitrógeno am oniacal del suelo.

Sin tomar en cuenta la forma en que el nitrógeno - haya sido absorbido, en la planta se convierte a la for ma NH_2^- . Este nitrógeno reducido se combina con los áci dos carboxílicos para formar los aminoácidos que cons

tituirán las proteínas que son elaboradas dentro del protoplasma. Además el nitrógeno forma parte de la molécula de clorofila (Ortiz, 1967).

El mismo autor indica las siguientes funciones que desarrolla el nitrógeno en la planta:

- Es un constituyente esencial de todos los seres vivos y, forma parte de las proteínas y de la clorofila.
- Da un color verde oscuro a todas las plantas.
- Promueve el desarrollo de hojas y tallos.
- Produce buena calidad en las legumbres que se cultivan por sus hojas.
- Promueve un desarrollo rápido en el primer ciclo de crecimiento y diferenciación.
- Aumenta el contenido de proteínas en los cultivos forrajeros y alimenticios.

Mason y Wilcox (1982) indican, que en experimentos que realizaron con plantas de tomate (Lycopersicon esculentum, Mill.) encontraron que la capacidad de la planta para absorber y almacenar el nitrógeno durante las etapas de crecimiento, es de gran significancia para el posterior estado de fructificación, cuando el nitrógeno es transportado de las hojas y tallos, para encontrarse con las necesidades de nitrógeno por el fruto para su desarrollo.

Locascio, et al (1985) dicen que en un análisis hecho por Stanford, la eficiencia con la que se aplicó el nitrógeno para Maíz se relacionó con la cantidad aplicada, tiempo de aplicación y con el rendimiento, y se encontró que el rendimiento estaba en función de las cantidades aplicadas y de la eficiencia de aplicación en el suelo. De donde se encontró un 20% más de rendimiento en los tratamientos en donde se aplicó el fertilizante a una profundidad adecuada; para evitar pérdidas del nutrimento.

Haciendo un resumen de lo anterior se puede indicar que el nitrógeno aprovechable para las plantas generalmente es el NO_3^- y que esta forma después de ser absorbida debe de ser reducida para su asimilación en la planta, implicando para ello un sinnúmero de procesos fisiológicos que a continuación se mencionan:

- 1.- Absorción de NO_3^- , efectuada por los pelos radicales necesitando para ello de ATP, por lo que la respiración aeróbica de la raíz debe funcionar correctamente.
- 2.- Reducción de NO_3^- a NH_4^+ , efectuada en la raíz o generalmente en las hojas, requiriendo para ello de algunas coenzimas reducidas generadas durante la respiración aeróbica y/o durante la fase luminosa de la fotosíntesis.
- 3.- Asimilación del amonio, se lleva a cabo principalmente en las hojas y requiere sustratos metabólicos del ciclo de Krebs y ATP, para generar finalmente aminoácidos.
- 4.- Metabolismo de los nucleótidos y ácidos nucleicos.

5.- Integración de estos asimilados nitrogenados es la fuente de FOTOASIMILACION para su posterior translocación a las demandas correspondientes según sea la etapa fenológica del desarrollo de la planta.

3.2.2. Respuestas de las plantas a las aplicaciones de los fertilizantes nitrógenados.

La forma como responden las plantas a un adecuado abastecimiento de nitrógeno es el siguiente:

- Presentan un desarrollo vegetativo exuberante y un color verde oscuro del follaje y por lo tanto una buena floración y cuajado de fruto.
- Cantidades excesivas de este elemento generalmente prolongan el período de crecimiento y retardan la madurez.
- Cantidades demasiado altas tienden a causar un estado suculento en las plantas que puede sumentar la susceptibilidad a las enfermedades y al acame(cereales o gramíneas).
- Cuando hay carencia de este elemento se presenta un amarillamiento en el cultivo y un deficiente desarrollo; el amarillamiento o clorosis por lo general aparece primero en las hojas inferiores, mientras que las superiores permanecen verdes.

-En casos de una falta crítica, las hojas adquieren una tonalidad café y posteriormente mueren.

-El nitrógeno tiene movilidad en la planta; lo que se demuestra por el hecho de aparecer en las hojas jóvenes y no estar contenido en las hojas viejas en caso de deficiencia de este nutrimento (Ortiz, 1967; Gros, 1976).

El rango de fertilización recomendado para el cultivo de chile ancho es de 100 a 150 kg de N por Ha, para la zona del Bajío y la zona de la Meseta Central (Muñoz, 1966; Garay, 1978; CIAPN-INIA, 1979-80; CIAB, 1980; Hernández, 1982).

Locascio, et al (1985) mencionan que en tratamientos en el cultivo de chile, al utilizar dosis de 224, 94, 77, 54, 43 y 17 kg/Ha de N no encontraron significancia entre tratamientos, al evaluar los rendimientos respectivos para cada uno de los mismos.

Mason y Wilcox (1982) observaron en un ensayo de - tratamientos con dosis nitrogenadas, que cuando se aplicó 45 kg/Ha de nitrógeno, los nitratos aumentaron en la solución del suelo a 10 ppm; mientras que la cuarta parte de 45 kg/Ha (osea 11.2 kg/Ha) incrementó las concentraciones de nitratos a 40 ppm y la aplicación de 90 kg por Ha de N produjeron una concentración de 48 ppm de $N-NO_3^-$ que dio una concentración en los perfiles de casi 14,500 ppm de nitratos, indicando dicha concentración de

nitratos una suficiente disponibilidad de nitrógeno para una reserva inmediata en los requerimientos de la planta, para su crecimiento y posterior desarrollo.

En otros ensayos con aplicaciones de N en las cantidades de 45,90,135 y 180 kg/Ha de N respectivamente; se encontró un mayor porcentaje de NO_3^- almacenados en las hojas para los dos últimos tratamientos; obteniendo éstas la más alta significancia; así también aumentaron las cantidades de frutos maduros y el total de frutos cosechados.

Al año siguiente, Mason y Wilcox(1982) llevaron a cabo los mismos tratamientos que en el año anterior y encontraron que las proporciones de N que se aplicaron no tuvieron efecto en las cosecha del fruto de tomate. Los resultados indicaron que no hay diferencia significativa entre tratamientos en cuanto al rendimiento, aunque de las fertilizaciones de 45,90,135 y 180 kg/Ha de nitrógeno, las proporciones que fueron un poco más altas son las dos primeras dosis.

Batal y Smittle(1981) encontraron que el máximo de cosecha comercial se obtiene cuando el nitrógeno es suficiente y no se debe de añadir para mantener los niveles de nitratos en el suelo; esto es entre 20 y 30 ppm, de 10 a 20 ppm o de 15 a 30 ppm. En el aumento de la cosecha influyó que hubo irrigación y adición de N para mantener o elevar los niveles adecuados de nitratos en el suelo. También observaron que hubo aumento de frutos

debido a los requerimientos de nitrógeno y, a que sucedió un rápido aprovechamiento de este elemento, lo que se relacionó con el incremento en las cantidades de nitrógeno aplicadas.

Straehlein y Oebker, 1979 (citado por Batal y Smittle, 1981), concluyeron que moderadas proporciones de nitrógeno (100 a 150 kg/Ha) producen una planta más robusta y mejores rendimientos en Chile.

Cochran, 1936 (citado por Batal y Smittle, 1981) puntualizó que además de los factores humedad y temperatura, la nutrición nitrogenada es también un factor esencial que tiene mucha influencia en el crecimiento, desarrollo y reproducción del pimiento.

Miller, 1960 (citado por Batal y Smittle, 1981) concluyó en sus experimentos, que la calidad de los frutos mejoró con niveles altos (100 a 150 kg/Ha) de nitrógeno. Esto se relacionó con un constante aumento en el contenido de N en los tejidos de los frutos y de las hojas.

Batal y Smittle, 1981, también subrayan que los aumentos en la producción para dos estaciones, estuvieron de acuerdo con los incrementos en las cantidades de N aplicadas, que fueron de 59 a 110 kg/Ha, y cuando se aplicaron de 84 a 152 kg/Ha, se produjo una disminución. En forma similar, Stroehlein y Oebker, 1979 (citados por Batal y Smittle, 1981) reportaron altos rendimientos en Chile cuando se fertilizó con un intervalo de 100 a 150 kg/Ha de nitrógeno.

Locascio y Fiskell, 1976 (citados por Batal y Smittle, 1981), encontraron en un experimento en Florida un incremento en los rendimientos para el tipo Bell de Chile cuando se aumentaron las cantidades de fertilizante nitrogenado hasta 224 kg/Ha.

Stark, et al (1983) encontraron en ensayos que realizaron con fertilización nitrogenada en el cultivo de tomate que las dosis de 120 a 300 kg/Ha de nitrógeno produjeron los más altos rendimientos de fruto; además hubo incremento en las cantidades de nitrógeno en los tejidos de la planta y fruto a medida que aumentaban las proporciones de nitrógeno.

Locascio, et al (1981) usaron tres fuentes de nitrógeno (urea, nitrato de amonio y sulfato de amonio), para fertilizar Chile, con una variación en las dosis de 56 a 380 kg/Ha; y observaron que los rendimientos estaban en función de la fuente de nitrógeno y de las cantidades usadas en la fertilización, además al cosechar, los mejores rendimientos fueron para la fuente de N a base de urea, con un intervalo en las cantidades de aplicación de 56 a 140 kg/Ha; seguido por el sulfato de amonio.

Sundstrom, et al (1984) indican que encontraron en ensayos con Chile rojo Tabasco, que los rendimientos se incrementaron con el aumento en los índices de nitrógeno aplicado, que fueron de 0 a 112 kg/Ha. A su vez las plantas aumentaron su altura a medida que se incrementaron las dosis de fertilización de 0 a 112 kg/Ha de nitrógeno.

Los mismos autores encontraron en el tipo Bell de Chile, que cuando el fertilizante se incrementó de 96 a 192 kg de N/Ha, el rendimiento de los cultivos se redujo significativamente.

Ellos mismos reportan que a medida que las cantidades de Nitrógeno se incrementa de 0 a 112 kg/Ha; las cosechas del pimiento rojo aumentaron linealmente en la variedad Avery Island y cuadráticamente para la variedad Baton Rouge alcanzando el máximo rendimiento con la proporción de nitrógeno de 112 kg/Ha, para ambas variedades de Chile.

Finalmente, los mismos autores reportan que cuando el N fue aplicado en la cantidad de 112 kg/Ha, las concentraciones del nutrimento en los tejidos se incrementó y, alcanzó del 5.14% al 6.38% para la variedad Avery Island y, del 5.69% al 6.13% para la Baton Rouge.

El CIAB(1980) reporta que en experimentos realizados con Chile, se encontró que los cultivares Esmeralda y Línea 1020, responden bien a las dosis nitrogenadas de 40 a 150 kg/Ha; después de haber probado los rangos de 40 a 250 kg/Ha Vázquez, 1978 (citado por CIAB; 1980) menciona que las mejores dosis fueron de 120 y 150 kg/Ha de nitrógeno para la variedad Esmeralda y Línea 1020 respectivamente.

3.3. El cultivo del chile(Capsicum annuum L.)

3.3.1. Origen e importancia

Importancia.- su relevancia radica en el hecho, de que es un cultivo de alimentación tradicional del pueblo mexicano y de otros países de Latinoamérica. Por lo tanto se le considera en nuestro país como un cultivo básico, formando parte del grupo de los cultivos de primer orden en la alimentación diaria (grupo de los básicos). El consumo de él mismo se hace tanto en fresco como en seco (deshidratado) o bien en alimentos elaborados con él.

Es común que se piense que este cultivo no aporta nada en cuanto a nutrimentos en la alimentación siendo errónea esta idea. A continuación se exponen los nutrimentos que contiene el chile por cada 100 g consumidos:

Calorias	- - - - -	43
Proteína	- - - - -	2.0
Grasa	- - - - -	1.5
Azúcar	- - - - -	5.1
Agua	- - - - -	86
Vitamina A	- - - - -	10500
Vitamina del complejo "B"		
Tiamina	- - - - -	0.08 mg
Riboflavina	- - - - -	0.08 "
Niacina	- - - - -	0.90 "

Minerales: en miligramos

C	- - - - -	245
Ca	- - - - -	-17
Fe	- - - - -	-1.4
Mg	- - - - -	-23
P	- - - - -	-46
K	- - - - -	-260
Na	- - - - -	-5

Fuente: Garay, 1978 y Fernández, et al., 1983.

Origen

El origen del chile (Capsicum annuum L.) es la parte central de la República Mexicana, nuestro país parece ser el centro de diversificación de esta especie. Económicamente es la especie de chile más importante en nuestro país, y quizá en todo el mundo. Los principales tipos y variedades de chiles de esta especie son: ancho, mulato, pasilla, serrano, jalapeño, guajillo, cascabel, carricillo, cora, guajón, bola, gordo, arribeño, guero, costeño, atotonilco, huachinango, puya, cristalino, trompo, bolita, Catalina, ornamental, chile de agua, liso, pinalteco, etc.

Muñoz (1966) señala que el origen de la especie Capsicum frutescens, es Guatemala, muy distribuida en zonas tropicales, desde la Florida, República Mexicana hasta Brasil; pertenecen a esta especie: chile Tabasco, de árbol (no seguro) y el chile de huerta, chiltepin y piquín.

La especie (Capsicum pubescens), se encuentra distribuida desde Bolivia hasta la República Mexicana, es una planta pubescente, arbustiva, y a esta especie pertenecen los tipos de chile: perón, manzano, canario y cera.

La especie (Capsicum sinense) tiene posiblemente su origen en Ecuador o Colombia, distribuyéndose desde Costa Rica hasta América del Sur. En nuestro país se le cultiva en Yucatán y Campeche, llamándosele chile habanero; el cual es de un sabor muy picante.

Finalmente la especie (Capsicum pendulum) tiene su origen probable en Bolivia (Muñoz, 1966).

3.3.2. Principales estados productores de chile en el país

INIA, 1980 (citado por Pozo, 1983) menciona que los principales estados productores en el país son:

Estado	Hectáreas sembradas
Zacatecas - - - - -	12,094
Veracruz - - - - -	7,700
San Luis Potosí - - - - -	6,000
Guajuato - - - - -	5,800
Sinaloa - - - - -	4,305
Aguascalientes - - - - -	3,051
Durango - - - - -	3,000
Jalisco - - - - -	2,920

Al cultivo de chile se le cultiva desde el nivel del mar hasta los 2500 m.s.n.m. A continuación en la - tabla 1 se exponen los lugares en donde se le cultiva por regiones:

Región	Tipos
En el Golfo	serrano y jalapeño
La Meseta Central	poblanos, miahuatecos y carricillos.
Bajío	poblanos, mulatos, pasillas y güeros.
Norte	morrón, anaheim; y el caribe (que es chile de exportación).
Norte centro	cascabel, pasilla y ancho.

Como se puede observar, el chile se le cultiva en distintas regiones, y los tipos que se explotan dependen de la región.

En el país el 70% del área sembrada con chile es explotada bajo riego, y el 30% restante es de temporal y humedad residual (Pozo, 1983).

IV MATERIALES Y METODOS

4.1. Características Generales de la Zona de Estudio

La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán - se ubica en la cuenca del valle de México, al Oeste de la cabecera municipal de Cuautitlán Estado de México.

El municipio Cuautitlán se localiza aproximadamente entre los paralelos $19^{\circ}37'$ y los $19^{\circ}45'$ de latitud Norte y entre los meridianos $99^{\circ}07'$ y los $99^{\circ}14'$ de longitud Oeste del Meridiano de Greenwich y, limita al Sur, con el Municipio de Tultitlán; al Sureste, con el de Tultepec, al Este con el de Melchor Ocampo, al Norte con el de Teoloyucan, al Noreste con el de Zumpango y al Oeste con el de Tepotzotlán (Reyna, T.T., citado por de la Teja Angeles, 1982).

El clima de acuerdo con el sistema de clasificación de Köppen modificado por García (1973) para la región de Cuautitlán es C(Wo) (W)b (i) templado subhúmedo (el más seco de los subhúmedos) con régimen de lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal menor a 5%; con verano fresco largo y poca oscilación térmica. La temperatura media anual es de 15.7°C con una oscilación media mensual de 6.5°C correspondiendo al mes de enero el mes más frío, con una temperatura promedio de 11.8°C , y siendo junio el mes más caliente con 18°C como promedio. La temperatura máxima promedio es de 26.5°C , la temperatura mínima promedio es de 2.3°C , la precipitación media anual es de 605 mm y -

con una altitud de 2250 m.s.n.m. (De la Teja Angeles, C. 1982; Flores, et al., 1981).

De acuerdo con el sistema de clasificación FAO-DE TENAL y SPP, 1981 (citado por De la Teja Angeles, 1982; - Flores, et al., 1981) estos suelos han sido clasificados como Vertisoles pélicos (Vp). Son suelos que presentan una textura fina, arcillosos, pesados y difíciles de manejar por ser plásticos y adhesivos en húmedo y duros cuando están secos; forman grietas profundas cuando se secan, y pueden ser impermeables al agua de riego o de lluvia (FAO, 1968; citado por De la Teja Angeles, 1982).

En base a:

En base al sistema de clasificación de la 7^a aproximación; un sistema comprensible de la clasificación de suelos (Soil Survey Staff 1960, citado por Flores, et al., 1981), estos suelos se clasifican dentro del Orden Inceptisoles, Suborden Andepts, Gran grupo Umbran dept, Subgrupo Mólico Vértico. Según Dudal, 1968 y con base en la clasificación de FAO-UNESCO 1970, modificado por CETENAL (1975) estos suelos pertenecen al Gran Grupo Phaeozem y al Subgrupo Vértico (Andico) (citado por Flores, et al., 1981).

Los suelos estudiados se caracterizan por ser suelos jóvenes o que están en proceso de formación, gracias a los depósitos de material reciente; no presentan fenómenos de iluviación, eluviación e intemperismo muy marcados. Estos suelos por ser planos, profundos, de migajón arcilloso como textura predominante, son de buena calidad agrícola y pueden ser explotados en -

forma intensiva, sin olvidar prácticas elementales de manejo y conservación (Flores, et al., 1981).

En el cuadro 1 se presentan otras características de éstos suelos.

La vegetación natural en el área de estudio se encuentra totalmente alterada por las actividades agropecuarias y urbanas, puesto que sólo quedan algunas plantas arbóreas como: Sauce (Salix spp), Pirul (Schinus molle) y Eucalipto (Eucalyptus spp). Los arbustos son escasos y el estrato herbáceo es abundante de especies, estando todas relacionadas con el disturbio humano, es decir, que se comportan como malezas (Flores, et al., 1981).

La vegetación cultivada está compuesta por varios cultivos, tanto anuales como perennes. Dentro de los anuales o de ciclo corto están el maíz para grano y para forraje, frijol, avena y algunas hortalizas. Los cultivos perennes que se siembran son alfalfa y algunos frutales a nivel de huerta experimental; siendo establecidos los -cultivos en su mayoría con fines de enseñanza, irvestigación y para uso de la propia Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

4.2. Características de los suelos

4.2.1. Muestreo del suelo

El suelo que se empleó en el presente trabajo se

Cuadro 1. Características físicas y químicas del horizonte "A" de los suelos de la FES-C. según Flores, et al., 1981.-

Características	Profundidad (0-10 cm)	Profundidad (10-20 cm)
% de arcilla	42	42
% limo	34	34
% arena	24	24
Textura	arcilloso	arcilloso
Color en seco	10 YR 5/3	10 YR 5/3
Color en húmedo	10 YR 3/2	10 YR 3/2
Densidad aparente	1.10	1.19
pH agua 1:2.5	7.2	7.2
% materia orgánica	4.3	3.6
C.I.G.T. meq/100 g	29.0	24.0
C.E. mmhos/cm	0.20	0.18
P asimilable kg/Ha	182.0	196.0
Fe ppm asimilable	6.0	6.0
Zn " "	2.0	0.5
Mn " "	30.0	19.0
Cationes intercambiables (meq. /100 g)		
Ca	14.0	11.0
Mg	12.0	10.0
Na	0.8	0.8
K	0.8	1.1
% saturación	97.0	96.0

tomó de una de las parcelas de la FES-Cuautitlán. El muestreo se realizó al azar abarcando la mayor parte del terreno; realizando éste a una profundidad de 0 a 20 cm. Las muestras obtenidas se secaron al aire y se hicieron pasar por un tamiz de abertura de 2.0 mm, y enseguida se mezcló el suelo lo más homogéneamente posible; para de inmediato tomar una muestra para análisis físicoquímico en el laboratorio L-211 de Investigación de suelos de la sección de suelos y uso del agua de la FES-C.) y el resto para las pruebas de invernadero.

4.2.2. Análisis físicoquímico del suelo

-Color

Fue determinado mediante el uso de las tablas - Munsell en suelo seco y húmedo.

-Textura

Se determinó por el método del hidrometro de Bouyoucos.

-pH

Determinado por el método electrométrico, utilizando una suspensión del suelo agua destilada en una proporción 1:2.5

-Nitrógeno total

Por el método Kjeldahl modificado para incluir - nitratos.

-Conductividad eléctrica

Se determinó en el extracto de saturación empleando un puente de conductividad eléctrica.

-C.I.C.T.

La capacidad de intercambio catiónico total, se determinó por el método de centrifugación, saturando con CaCl_2 1N a un pH 7 diluyendo con NaCl 1N pH 7 y titulando con EDTA 0.02 Normal (Jackson, 1970).

-Materia Orgánica

La M.O. se determinó por combustión húmeda según el método de Walkley y Black, modificado por Walkley (Walkley, 1970).

-Fósforo

El fósforo fácilmente aprovechable, se determinó colorimétricamente por el método de Olsen el cual utiliza una solución de bicarbonato de sodio NaHCO_3 0.5 molar con un pH casi constante de 8.5 para extraer el fósforo de suelos alcalinos, calcareos y neutros que contienen fosfatos de calcio, precipitando el calcio en forma de carbonatos.

-Ca⁺² y Mg⁺²

El calcio y magnesio intercambiables, se determinaron, utilizando como solución extractora el acetato de sodio 1 Normal pH 7 y titulando con EDTA 0.02 N (Jackson, 1970).

$-K^+$ y Na^+

El potasio y sódio intercambiable se extrajeron del suelo con una solución de Acetato de Amonio 1N - pH 7 y cuantificando por el método flamométrico.

$-NH_4^+$

El amonio intercambiable se llevó a cabo por saturación con NaCl 1N pH 7, mediante la destilación del amonio en un medio alcalino y titulando con solución de H_2SO_4 0.02N .

$-NO_3^-$

Los nitratos se determinaron por el método colorimétrico con Brusina.

4.2.3. PARTE EXPERIMENTAL

4.2.3.1. Ensayo de fijación de amonio y nitrificación

Para este ensayo se prepararon 5 muestras de 20 g de suelo por duplicado y se colocaron en frascos Gerber, a los cuales se les agregó la cantidad de la solución de 100 ppm de N a base de Sulfato de amonio, y de agua destilada según se indica en el cuadro 2, para tener finalmente concentraciones de N que van de 0 a 80 ppm en el suelo.

Cuadro 2. Preparación de las muestras para el ensayo de fijación de amonio y nitrificación

Frasco No	ml de sol. 100 ppm de nitrógeno	ml de H ₂ O destilada	Concen tración final - de N en 20 g de suelo (ppm)
1 y 6	0.0	16	0
2 y 7	4.0	12	20
3 y 8	8.0	8.0	40
4 y 9	12.0	4.0	60
5 y 10	16.0	0.0	80

Cada muestra tapada se dejó en incubación por un tiempo de 10 días a temperatura ambiente.

Después de la incubación se procedió a determinar el contenido de amonio intercambiable y de nitratos, - por los métodos ya indicados.

4.3. Establecimiento del experimento en invernadero

4.3.1. Descripción del experimento

El experimento se desarrolló dentro del invernadero de la FES-Cuautitlán sin tener control de humedad y temperatura ambiental, empleando para su ubicación en - el mismo el diseño experimental completamente al azar; compuesto de seis tratamientos con tres repeticiones - cada uno, como se ilustra en la figura de la siguiente página.

Los tratamientos comprenden solo una variedad de chile (Verdeño) con cuatro niveles de fertilización nitrogenada y dos testigos sin fertilizante nitrogenado, lo que dió un total de 18 unidades experimentales. Se utilizó un nivel de P_2O_5 de 40 unidades para los cinco tratamientos y un testigo y, no se hizo ninguna aplicación de potasio (ver cuadro 3).

En el cuadro 4 se presentan algunas características de la variedad utilizada en el presente trabajo.

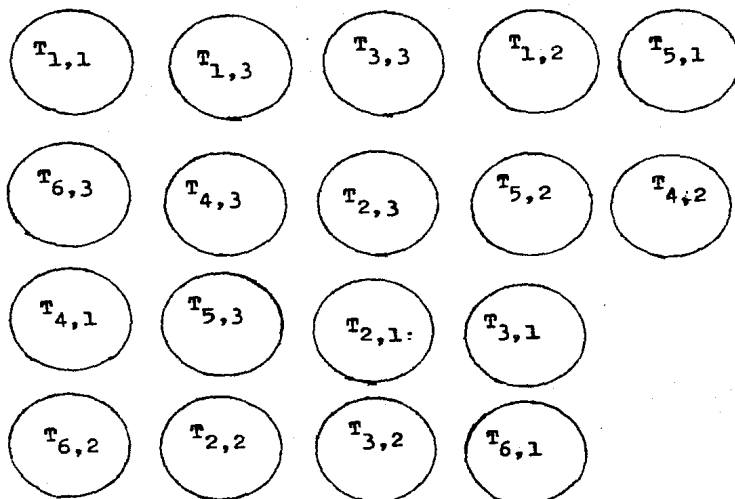
El trabajo se estableció el 22 de julio del año de 1985 y finalizó la parte experimental en diciembre del mismo año.

Figura en donde se ilustrará el diseño experimental completamente al azar, utilizado en el presente trabajo.

Tratamientos

N	P	K
T_1^0	- 0	- 0
T_2^0	- 40	- 0
T_3^{100}	- 40	- 0
T_4^{110}	- 40	- 0
T_5^{120}	- 40	- 0
T_6^{130}	- 40	- 0

$T_1 =$ tratamiento 1
 $T_2 =$ " 2
 $T_3 =$ " 3
 $T_4 =$ " 4
 \vdots
 etc.



Cuadro 3. Descripción de los tratamientos usados en el presente trabajo con chile variedad - verdeño

No tratamiento	dosis (kg/Ha)
1	00-00-00
2	00-40-00
3	100-40-00
4	110-40-00
5	120-40-00
6	130-40-00

Cuadro 4. Algunas características de la variedad verdeño

Características	variedad
Ciclo vegetativo	120 días aprox.
Altura de planta	60 a 70 cm en promedio
Días a la cosecha	100 días en verde
Forma de frutos	variada (baya, conica, etc.)
Color del fruto	verde oscuro
Tamaño del fruto	12 X 8 cm
Consistencia del fruto	suculenta
Textura del fruto	lisa
Color a la madurez	rojo brillante
Tipo de planta (por su consistencia)	herbácea

Fuente: Apuntes de la cátedra de hortalizas, de la UACH; 1983.

Se utilizó como fuente de nitrógeno el sulfato de amonio, el cual contiene 20.5% de N aprovechable. Y como fuente de fósforo se utilizó Superfosfato triple, el que contiene un 46% de P_2O_5 . Ello se debió a que son los fertilizantes comunmente usados para este cultivo.

La cantidad de suelo de cada unidad experimental fue de 2 kg, por cada bolsa ocupando cada unidad 20 cm² de espacio y teniendo una distancia entre unidad experimental de 20 cm. Donde el total del espacio para el experimento fue una mesa para invernadero de 3 X 1.5 m.

4.3.2. Preparación del suelo

Una vez seco el suelo y mezclado entre sí homogeneamente, se procedió a tamizarlo a través de un tamiz con malla de 2.0 mm, para enseguida realizar el llenado de bolsa con una capacidad de 2 kg aproximadamente hasta ajustar 18 unidades experimentales, que es el total de multiplicar 3 repeticiones por seis tratamientos. El suelo no se desinfectó, debido, que para el tipo de trabajo que se realizó no era necesario.

4.3.3. Siembra

Se utilizó semilla seleccionada y desinfectada, procedente de PRONASE, la siembra se hizo en forma directa, depositando seis semillas por cada unidad experimental a una profundidad de 3 mm. Ya una vez que

germinaron las plántulas y crecieron a una altura - de 7 cm, se realizó un aclareo, dejando una plántula por unidad experimental.

4.3.4. Fertilización

Se aplicó la mitad del nitrógeno y el total - del fertilizante fosfatado antes del aclareo, y pas dos 45 días se aplicó el resto del fertilizante ni- trogenado. Las cantidades que se aplicaron son las - que se presentan a continuación para cada tratamien to:

Dosis de N por tratamiento (kg/Ha)	mg de fertilizante (apli cado) a cada unidad ex perimental.
00 - 00 - 00	00.00
00 - 40 - 00	16.00
100 - 40 - 00	39.02
110 - 40 - 00	42.93
120 - 40 - 00	46.83
130 - 40 - 00	50.73

4.3.5. Riego

Se aplicó el riego ligero cada tercer día, con el fin de evitar exceso de humedad y con esto también - las enfermedades fungosas, que son muy comunes en és te cultivo.

4.3.6. Combate de plagas

Unicamente se presentó el pulgón (Myzus persicae S.) al cual se le aplicó insecticida comercial a base de piretroides, debido a que la población fue muy baja.

4.3.7. Descripción de los parametros a medir

Una vez que el cultivo completó su ciclo vegetativo, se procedió a tomar datos, tanto cuantitativos - como cualitativos, que sirvieran de referencia para apoyar los resultados de los experimentos. Los parametros medidos fueron:

- altura de planta
- número de frutos por tratamiento
- peso del fruto
- tamaño del fruto
- diámetro del fruto
- % de materia seca en área foliar y fruto

4.4. Evaluación del rendimiento

Para evaluar el rendimiento del cultivo se tomó en cuenta el número total de frutos en fresco por tratamiento y la \bar{X} del peso de los frutos por tratamiento, sin tomar en cuenta el peso acumulativo de los frutos.

4.5. Muestreo de hoja y de fruto

4.5.1. Análisis foliar y de fruto

Para la colecta de material a analizar, tanto para hoja como para fruto; se tomaron en cuenta las siguientes características:

-material sano y vigoroso, tanto para hoja como para fruto.

-de tamaño mediano, es decir, que hojas medianamente desarrolladas (ni muy jóvenes ni muy viejas).

-las hojas se tomaron de la parte central de la planta y de los cuatro puntos cardinales de la misma.

-se tomaron 8 hojas por cada planta muestreada.

-el total de frutos que se cosecharon, se usaron para llevar a cabo los análisis.

Las muestras, tanto de hoja como de fruto fueron secadas en un horno con aire forzado a 65°C , hasta peso constante; se hicieron pasar por un molino tipo - ARTHUR H. THOMAS C.O. con aspas de acero inoxidable, y se pasaron por un tamiz de malla número 40.

El N fue el único elemento analizado, tanto para hoja como para fruto; el cual se determinó por el método Kjeldhal.

4.6. Análisis estadístico de resultados

Los datos del peso del fruto se llevaron a análisis de varianza y a separación de medias.

Se realizó el análisis de varianza correspondiente al diseño que se utilizó (Reyes, 1983).

El diseño completamente al azar, se utilizó para los parámetros análisis químico foliar y de fruto, como también para el de rendimiento. Para ello se hizo uso de la tabla de Tukey para el 5% y el 1% de significancia. Aparte se realizó la prueba de medias (DMS, DSH y Scheffe) con el fin de verificar lo mejor posible los resultados.

V Resultados y Discusión

5.1. Análisis del suelo

Los resultados del análisis del suelo se presentan en el cuadro 5. El suelo presenta un color gris -

Cuadro 5. Resultados del análisis del suelo

Características	Resultados
No de muestras	1
Profundidad	20 cm
% de N total	0.18
% de arcilla	38.00
% de limo	36.00
% de arena	26.00
Textura	migajón-arcillosa
Color (húmedo)	10 YR 3/2
pH H ₂ O 1:2.5	7.2
% de M.O.	3.74
C.I.C.T. meq./100 g	29.00
C.E. mmhos/cm	0.18
P aprovechable (ppm)	35.00
Ca ⁺⁺ meq./100 g	14.00
Mg ⁺⁺ "	12.00
Na ⁺ "	00.8
K ⁺ "	00.8
% de S. B.	95.17

muy oscuro en húmedo y un color gris más claro cuando está en seco, cuenta con una textura migajón arcillosa; teniendo una proporción de arcilla, migajón y arena de tal manera que es un suelo apropiado para los objetivos del presente trabajo.

De acuerdo a Flores, et al., 1981, la interpretación de los resultados del análisis del suelo es la siguiente:

-pH

El pH es de 7.2, el cual se encuentra entre el rango óptimo (6.5 a 7.5) para el desarrollo de este cultivo.

-M.O. y Nitrógeno

Por el valor obtenido de M.O. de 3.74% y en base a Ortíz (1975), un 3.74% nos indica un suelo rico en M.O. En cuanto al nitrógeno su contenido nos dice que es medianamente bueno.

-C.E.

El valor de conductividad eléctrica nos indica que el suelo utilizado no tiene problemas de salinidad, aunque corre el problema de adquirirlo si es que no se hace un manejo adecuado, debido a la textura arcillosa que presenta.

-C.I.C.T.

El valor de C.I.C.T. (29 meq./100 g), en base a los estudios de Flores, et al., 1981, se puede considerar medianamente bueno; y que por tanto el valor es -

favorable para la retención y donación de cationes necesarios para la nutrición vegetal.

-P aprovechable

El valor extraído mediante el método de Olsen corresponde a un suelo rico, ya que el valor de 35 ppm es alto a una profundidad de 0 a 20 cm .

-Porcentaje de saturación de bases (cationes Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+)

De acuerdo al % de saturación de bases observamos que los cationes Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ y Na^+ saturan al 95.17% de los sitios de intercambio catiónico total en la muestra analizada. Las características de éste suelo lo hacen rico en bases; lo que a su vez se puede relacionar con el pH obtenido.

5.2. Ensayo de fijación de amonio y nitrificación

Como se puede apreciar en la gráfica 1 y en los datos que se presentan en el cuadro 6, el suelo estudiado a pesar de su contenido de arcilla (38%) no presenta problemas de fijación del ion amonio. Probablemente domine el tipo de arcilla 1:1 poco expandible (Kaolinita).

Se observa un incremento muy marcado en la cantidad de amonio que se recupera del suelo incubado a partir de las 20 ppm de amonio agregado; la curva es de pendiente positiva y los valores de amonio recuperado se van incrementando con relación a la cantidad de amonio aplicado al suelo, lo que significa que gran parte del amonio permanece en forma soluble y/o intercambiable.

Por otra parte, en el cuadro 7 y en la gráfica 2 se puede observar que en este suelo se lleva a cabo el fenómeno de la nitrificación en forma positiva. Las cantidades de nitratos que se recuperan del suelo incubado, aumentan con relación a las cantidades de amonio que se aplicaron; sin embargo, es posible decir que la velocidad de nitrificación fue lenta como lo indica la baja pendiente de la curva y la poca diferencia entre los valores obtenidos.

Tanto la baja fijación de amonio como la nitrificación que se detectan en este suelo, pueden ser consideradas condiciones favorables para que las plantas dispongan de cantidades adecuadas de nitrógeno, cuando éste se aplique al suelo en forma de fertilizante.

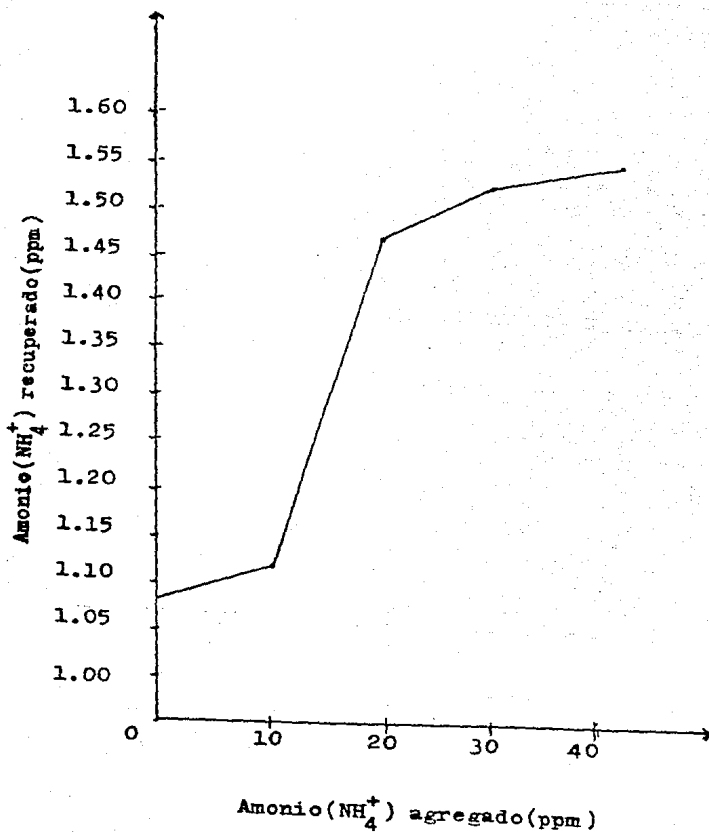
Cuadro 6. Cantidad de amonio recuperado después de la incubación

NH_4^+ agregado (ppm)		NH_4^+ recuperado (ppm)
0	-----	1.075
10	-----	1.160
20	-----	1.447
30	-----	1.527
40	-----	1.550

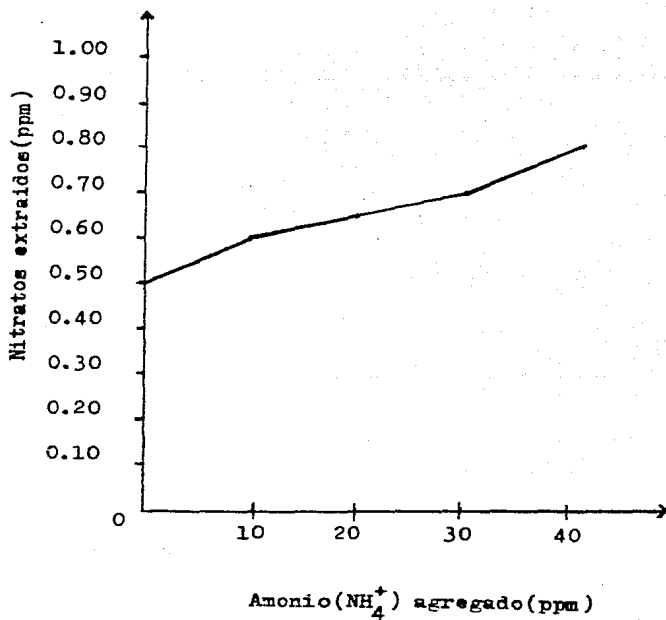
Cuadro 7. Cantidad de nitratos recuperados después de la incubación

NH_4^+ agregado		NO_3^- extraídos
0	-----	0.20
10	-----	0.23
20	-----	0.30
30	-----	0.35
40	-----	0.40

Gráfica 1. Fijación de amonio



Gráfica 2. Curva de nitrificación



Para el análisis foliar, el resultado del análisis - de varianza y la separación de medias (prueba de medias) y cuadros 1 y 4 apéndice, nos dicen que no hay diferencia estadística significativa entre tratamientos en cuanto - al contenido de nitrógeno expresado en % como materia se - ca. Sin embargo, el valor numérico más alto corresponde al tratamiento 100-40-0 con 4.25% de N, como se puede apreciar en la gráfica 3, y a partir de este punto los contenidos de N disminuyen ligeramente conforme se aumenta la dosis de nitrógeno.

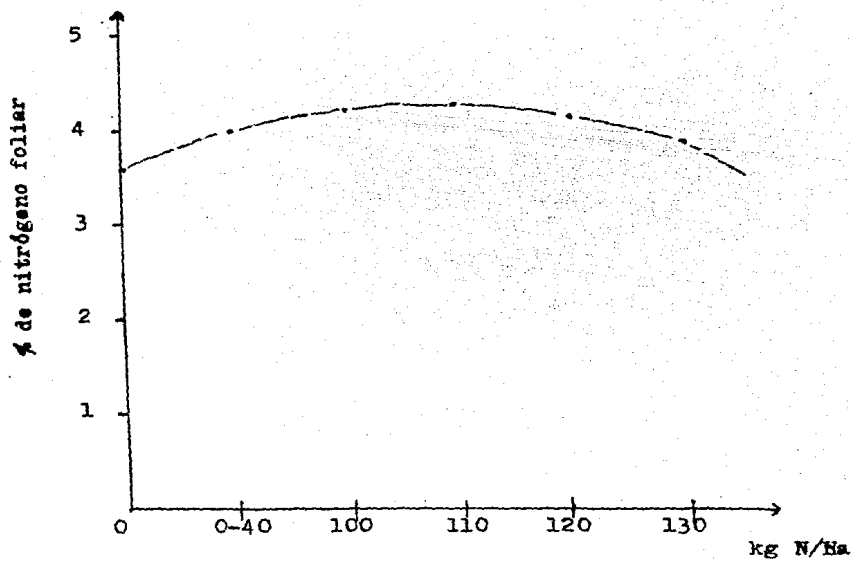
De manera general se aprecia que el contenido de N en las plantas tratadas con nitrógeno es ligeramente mayor que el testigo tratado únicamente con fósforo.

Para el análisis del fruto, al igual que para el análisis foliar, el análisis de varianza y la separación de medias cuadros 2 y 5 apéndice, nos dice que no hay diferencia estadística significativa entre tratamientos - para el % de N en base a materia seca en el fruto.

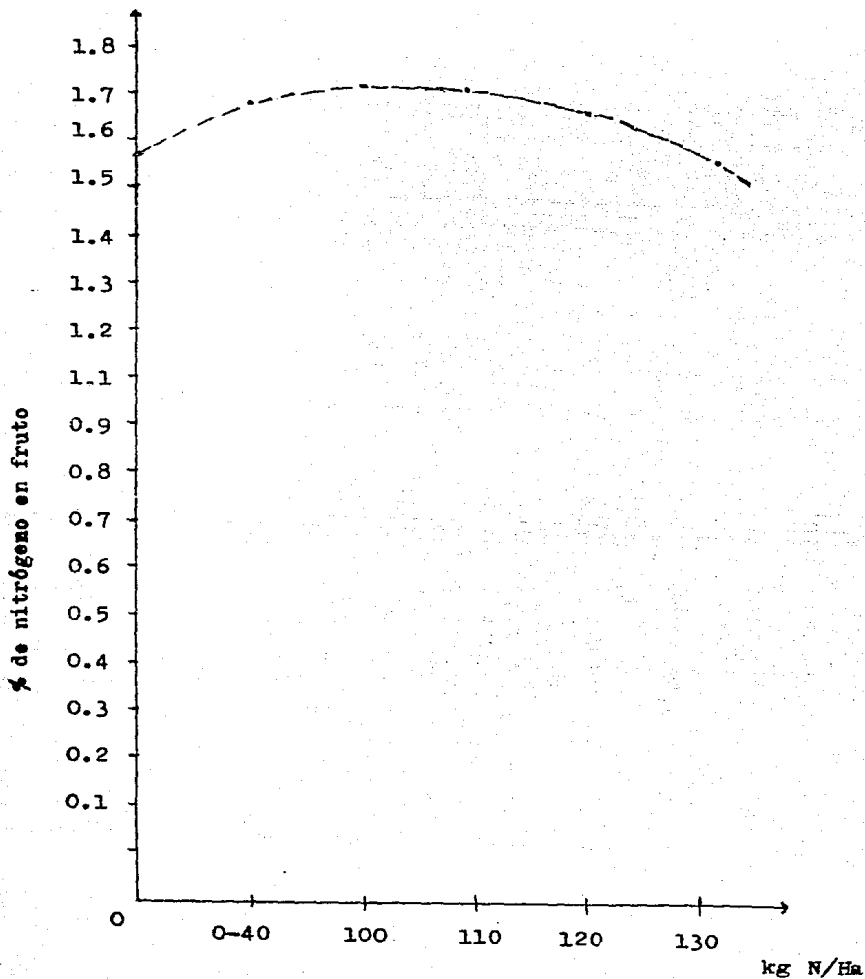
Como se puede apreciar en el cuadro 9 y en la gráfica 4, el valor numérico más alto corresponde al tratamiento 100-40-0 con 1.72% de N, y a partir de este punto los valores empiezan a disminuir ligeramente a medida que aumenta la dosis de N.

Todos los tratamientos con nitrógeno resultaron - ligeramente superiores a los testigos sin nitrógeno, con fósforo y sin fósforo.

Gráfica 3. Contenido de nitrógeno foliar
por tratamiento



Gráfica 4. Contenido de nitrógeno en el fruto por tratamiento.



Las altas concentraciones de nitrógeno foliar y de fruto que se detectan en las plantas tratadas con nitrógeno en forma de Sulfato de Amonio, indican que este ion se encuentra en forma disponible y en las cantidades adecuadas en el suelo para la planta, con lo que se confirmaron los resultados del ensayo de fijación de amonio que se hizo en el laboratorio.

En el cuadro 8 y 9 se presentan los valores obtenidos para el análisis foliar y de fruto respectivamente.

5.4. Rendimiento

En cuanto al rendimiento: número de frutos por tratamiento y su peso en fresco respectivamente (cuadros 10 y 11 y gráficas 5 y 6), los resultados nos dicen que para las dos variables hay una gran diferencia estadística significativa entre tratamientos, siendo el tratamiento 120-40-0 el que resultó mas significativo en base el análisis de varianza y separación de medias (cuadros apendice). Después le sigue el tratamiento 100-40-0 con una menor significancia con respecto al tratamiento 120-40-0 pero mayor con respecto a los restantes; por lo anterior el tratamiento 120-40-0 es el mejor. Esto significa que la planta respondió positivamente a las aplicaciones de N, alcanzando su máximo rendimiento con 120 unidades de N y aplicaciones mayores a esta dosis provocan la disminución en el rendimiento.

Cuadro 8. Resultado del análisis foliar para el cultivo de chile

Tratamientos			Repeticiones			% de N en ma teria seca
N	P	K	I	II	III	\bar{x}
1	0	0 - 0	3.40	4.21	3.59	3.73
2	0	-40 - 0	3.22	3.00	3.44	3.22
3	100	-40 - 0	4.97	3.74	4.04	4.25
4	110	-40 - 0	3.57	3.12	4.11	3.60
5	120	-40 - 0	4.41	4.97	3.25	4.21
6	130	-40 - 0	3.74	4.38	3.74	3.95

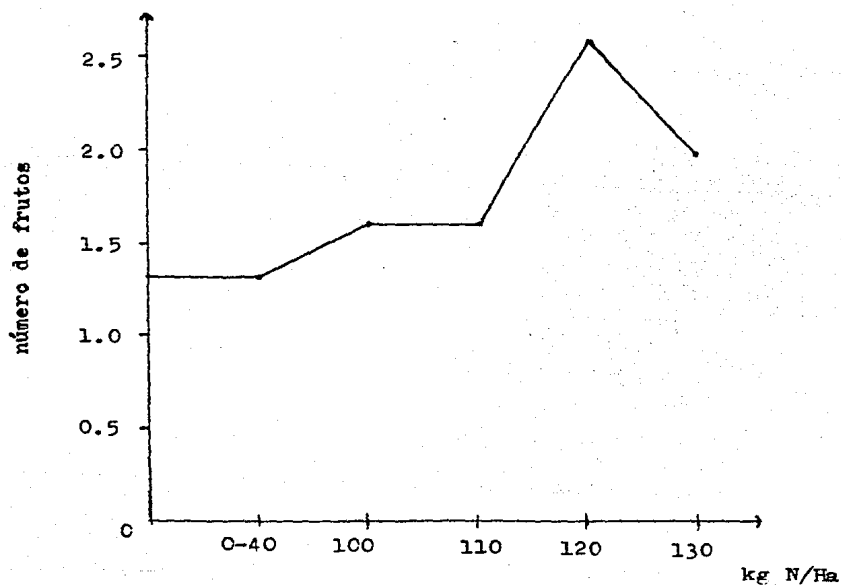
Cuadro 9. Resultado del análisis de fruto para el cul
tivo de chile

Tratamiento			Repeticiones			% de N en ma- teria seca	
N	P	K	I	II	III	\bar{x}	
1	0	0	0	1.51	1.55	1.66	1.57
2	0	40	0	1.90	1.35	1.72	1.65
3	100	40	0	1.60	1.80	1.75	1.72
4	110	40	0	1.90	1.41	1.77	1.69
5	120	40	0	1.70	1.67	1.68	1.68
6	130	40	0	1.79	1.72	1.30	1.60

Cuadro 10. Número de frutos por cada tratamiento (cosechados)

	Tratamiento			Repeticiones			Media	
	N	P	K	I	II	III	Suma	\bar{X}
1	0	0	0	2	1	1	4	1.3
2	0	40	0	1	1	2	4	1.3
3	100	40	0	3	1	1	5	1.6
4	110	40	0	2	1	2	5	1.6
5	120	40	0	4	2	2	8	2.6
6	130	40	0	1	4	1	6	2.0

Gráfica 5. Cantidad promedio de frutos por tratamiento



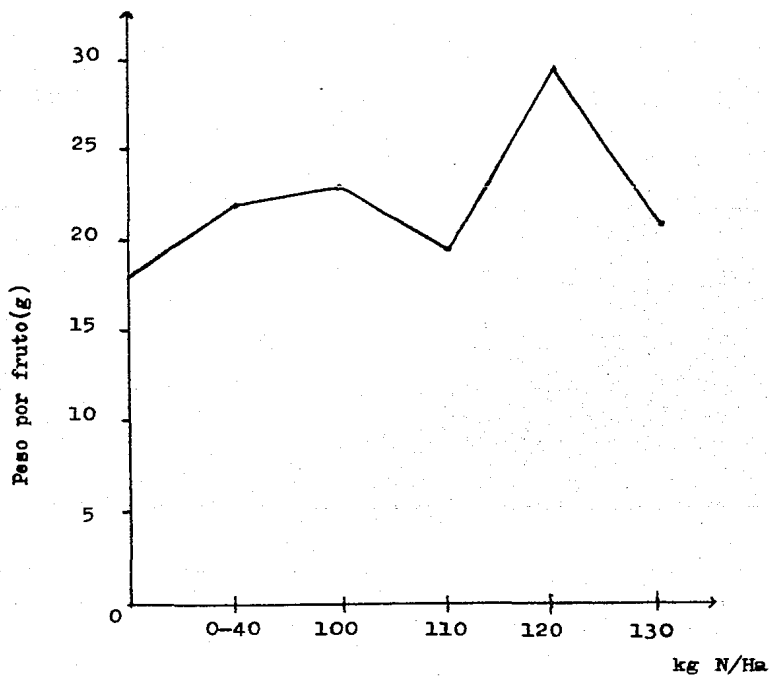
Cuadro 11. Peso en fresco(gr) de los chiles cosechados de cada tratamiento, para evaluar el rendimiento

	Tratamiento			Repeticiones			Media
	N	P	K	I	II	III	\bar{X}
1	0	0	0	20	18.8	16	18.3
2	0	40	0	23	22	21.8	22.3
3	100	40	0	23.6	23.2	23.8	23.5 +
4	110	40	0	19.2	19.6	20.2	19.7
5	120	40	0	30.5	27.8	29.15	29.15 +++
6	130	40	0	22.0	21.5	20.4	21.3

+ = significativo

+++ = altamente significativo

Gráfica 6. Peso promedio por fruto
por tratamiento



5.5. Altura de planta, largo y diámetro del fruto

Los parámetros altura de planta, largo y diámetro del fruto, fueron utilizados únicamente como indicadores para evaluar la calidad del cultivo, en respuesta a las aplicaciones de diferentes dosis de nitrógeno y como auxiliares en la interpretación final de los resultados.

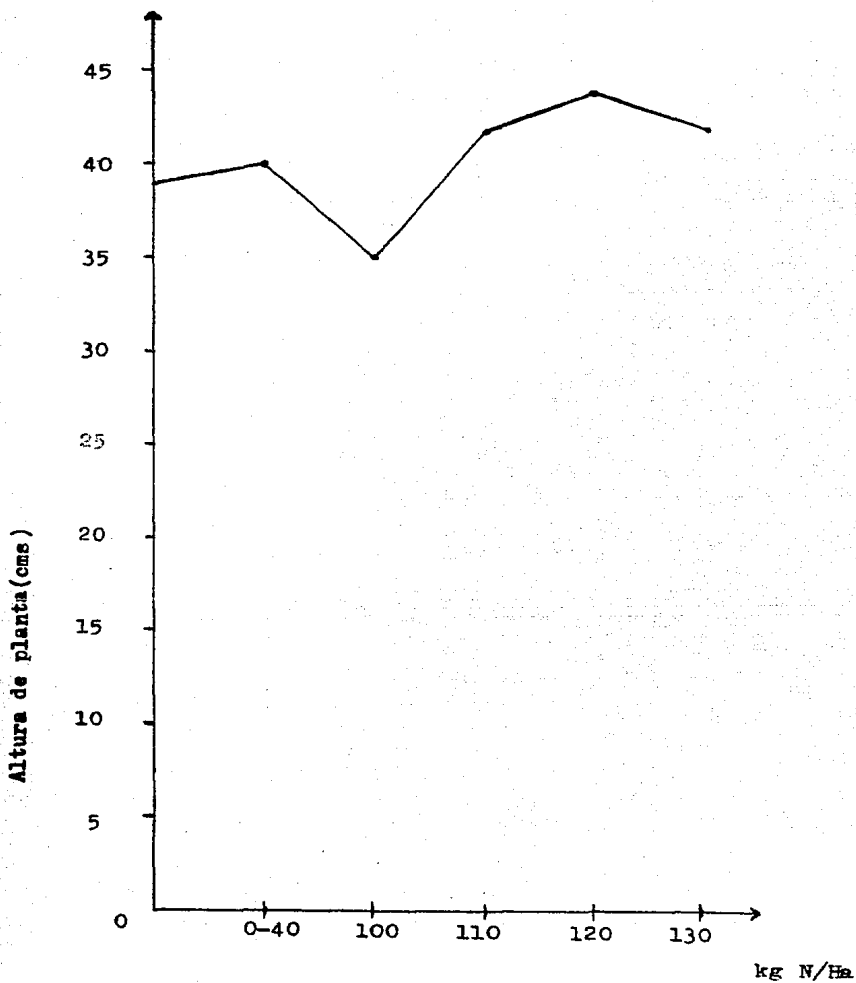
Los datos obtenidos se concentran en el cuadro 12 y se presentan objetivamente en las gráficas 7, 8 y 9.

Como se puede apreciar, las plantas responden positivamente a las aplicaciones crecientes de N en cuanto a su altura, logrando el tamaño máximo con 120 unidades de N, después del cual una dosis mayor produce la disminución en la altura de la planta. Este comportamiento coincide con lo reportado para el número y peso de los frutos.

Por otra parte, el largo y diámetro del fruto no siguen una secuencia lógica relacionada con el incremento de N aplicado como los otros parámetros medidos, sin embargo, el largo del fruto se va incrementando apreciablemente con la fertilización nitrogenada en comparación con los frutos de las plantas sin fertilizar. El fruto más largo se obtuvo con la dosis más alta de nitrógeno (130 unidades).

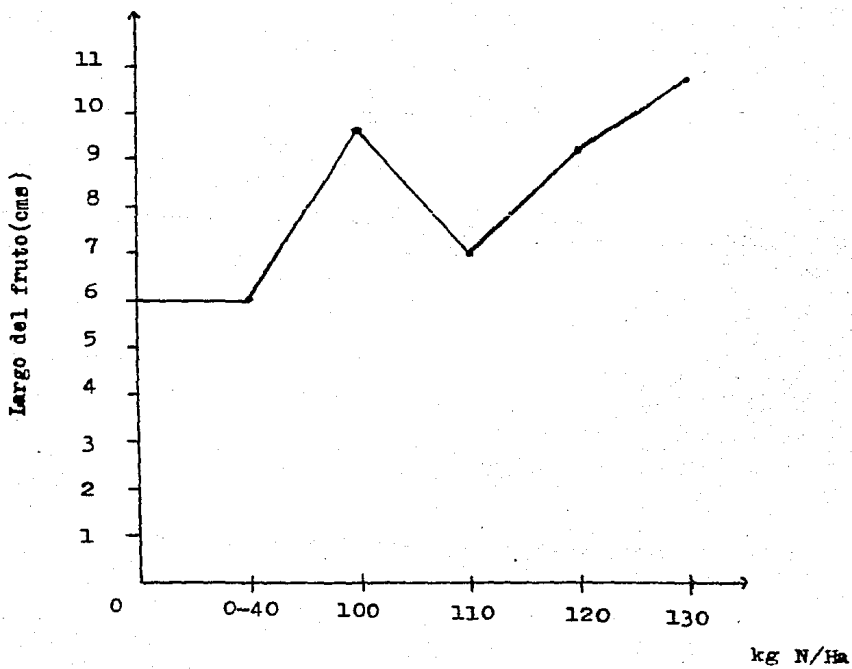
Cuadro 12. Variables medidas para el cultivo de chile, los datos estan expresados en promedio (\bar{X}) de tres repeticiones.

Tratamiento	Peso del fruto (gr)	No de frutos por planta	altura de planta (cm)	N foliar % M.S.	N fruto % M.S.	largo del fruto (cm)	diámetro del fruto (cm)
N P K							
1 0 -0 -0	18.3	1.3	39	3.73	1.57	6	4
2 0-40 -0	22.3	1.3	40	3.22	1.65	6	5
3 100-40-0	23.5	1.6	35	4.25	1.72	9.7	4.3
4 110-40-0	19.7	1.6	42	3.6	1.69	7	4
5 120-40-0	29.5	2.6	44	4.21	1.68	9.2	4.5
6 130-40-0	20.4	2.0	42.5	3.95	1.60	10.8	4

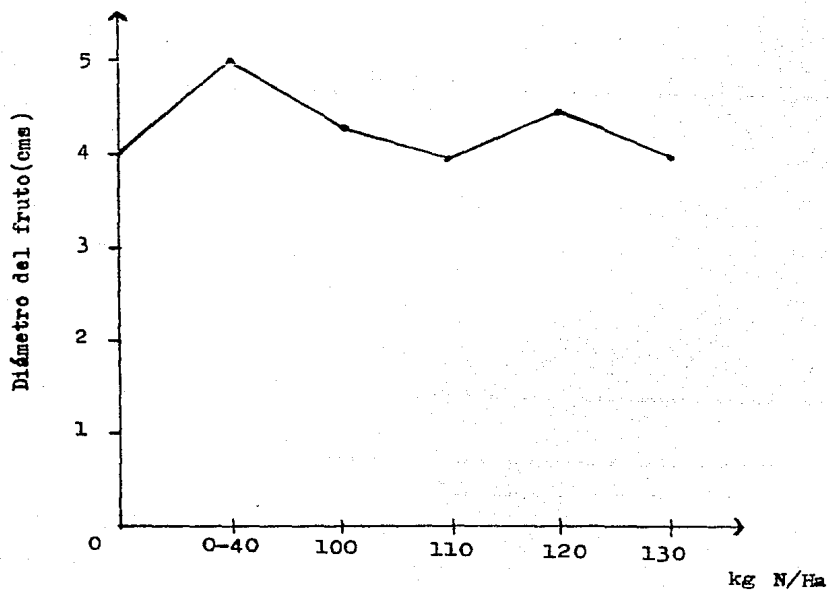


Gráfica 7. Altura promedio de la planta por tratamiento.

Gráfica 8. Longitud promedio del fruto por tratamiento.



Gráfica 9. Diámetro promedio del fruto por tratamiento.



El diámetro del fruto no se vió marcadamente afectado por la fertilización nitrógenada, pero el diámetro mas grande se obtuvo en los frutos del tratamiento con 120 unidades de nitrógeno.

Estos parámetros posiblemente se vieron seriamente afectados por el ataque del vulgón (Myzus persicae S.) y la aplicación del insecticida que quemó parte de las plantas.

VI Conclusiones y Recomendaciones

De acuerdo a los resultados, se puede concluir lo siguiente:

De los resultados del análisis del suelo, se desprende que en base a las determinaciones en el laboratorio de la FES-C., es un suelo con buena fertilidad y que además presenta características físicas y químicas altamente significativas para la explotación de cultivos adaptados climatológicamente a la zona (incluido el chile verdeño).

A pesar de que el contenido de nitrógeno total es satisfactorio, esto no quiere decir que todo está en forma aprovechable para los cultivos.

Las características físicas y químicas de los suelos de la FES-C. analizadas coinciden con los da-

tos reportados en otros trabajos, y pueden ser considerados como suelos fértiles, aptos para el desarrollo de buen número de cultivos, limitados únicamente por las prácticas de manejo y las condiciones climáticas de la zona.

No son suelos fijadores de amonio, y su capacidad de nitrificación es buena; condiciones actuales que pueden ser afectadas constantemente por las condiciones climáticas y las prácticas de manejo a que estén sujetos.

Estas características favorecen la aprovechabilidad de los fertilizantes nitrógenados que se apliquen y garantizan en alto grado la disponibilidad de este elemento para las plantas.

El chile variedad verdeño responde favorablemente a las aplicaciones crecientes de nitrógeno, bajo condiciones de invernadero, en suelos de la FES-Cuautitlán.

Bajo las condiciones anteriores, los máximos rendimientos y la mejor calidad de los frutos se obtienen con la aplicación de las dosis 120-40-0.

Para estudios muy detallados es conveniente destacar lo siguiente: los parámetros número de frutos y peso del fruto por tratamiento responden favorablemente a las aplicaciones de nitrógeno, con un alto grado de significancia estadística, por lo que se recomienda emplear estos datos como índices para la evaluación del rendimiento.

La altura de planta y el largo del fruto son parámetros confiables para evaluar la calidad del cultivo y su estado nutricional, pero al no presentar diferencias estadísticas significativas no se recomiendan como índices de productividad.

El diámetro del fruto no se comportó como un parámetro que dependa directamente de la fertilización nitrogenada, por lo que no se recomienda su uso como índice de rendimiento ni de calidad del cultivo.

El análisis químico foliar y de fruto puede ser muy útil para conocer el contenido de nitrógeno absorbido por la planta, con lo cual se puede determinar el estado nutricional del cultivo y el grado de aprovechabilidad del fertilizante nitrogenado, que se está aplicando, en este caso en forma de amonio.

Por otro lado, dicho análisis químico no presentó diferencias estadísticas significativas a los tratamientos nitrogenados, por lo que no se recomienda emplear como índice de productividad.

De la evaluación de la aprovechabilidad del nitrógeno que se aplicó, mediante el análisis foliar, de fruto y de suelo, se puede notar, por resultados que hay cierta correlación entre la aprovechabilidad del nutriente y los rendimientos para cada uno de los tratamientos.

Se recomienda llevar a cabo el experimento directamente en campo probando otras variedades de chile, más fuentes de nitrógeno y una gama más amplia de dosis de -

fertilización, teniendo en cuenta además un buen control en el manejo del cultivo y buenas condiciones fitosanitarias y de riego.

VII Bibliografía

- Bartholomew, W.V., Clark, F.E. (editores) 1965. Soil Nitrogen American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin. pág. 200-202.
- Batal, K.M. and Smittle D.A., 1981. Response of Bell pepper to Irrigation, Nitrogen, and Plant Population. Horticultural Science. 106(3) pág. 259-262.
- Cawse, P.A., and Sheldon, D. 1972. Rapid reduction of nitrate in soil remoistened after air drying. J. - Agric. Sci. Camb. 78. pág. 88-101.
- CIAB, 1980. XIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Tomo II, pág. 597-609.
- CIAPN; INIA; SARH; 1979-80. Guía para la asistencia Técnica Agrícola (temporal y riego) "Santiago Ixcuintla". pág. 33-39.
- Chapman, H.D., Parker F.P., 1973 y 1981. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas; Edit. Trillas México. págs. 45, 69, 95, 102, 104, 108, 118 y 119.
- De la Teja A.C.O., 1982. Estudio de las características edafológicas de los suelos de la FES-C. UNAM, Departamento de Ciencias Agrícolas de la Facultad.

- De la Teja A.C.O.,1983. Guia para los análisis foliares y su interpretación agronómica. Apuntes en mimeógrafo FES-C. UNAM Edo. de México.
- Fernández,O.V.M.,Garza L.J.M.,Valles H.T.,1983. Apuntes de la unidad IV de la catedra de - Hortalizas de la UACH.
- Flores,R.D.,Aguilera H.N. y Flores D.L.,1981. - Estudio Edafológico de los Municipios de - Cuautitlán.Edo. de México UNAM. Revista vol. 5,# 1. pags. 80-85,87,191-192.
- Garay,A.R.,1978.El cultivo de chile en Nayarit. UACH Tesis.
- García,E.,1973.Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen.México. Segunda Edición.Instituto de Geografía UNAM.
- Gros,A.,1976.Abonos "Guia práctica de la fertilización". Edit. Mundi-Prensa.Versión Española de Alonso Domínguez Vivancos.Madrid-España. pág. 171-182.
- Guerrero,M.A.,1984. Guia para cultivar chile ancho y pasilla en el Centro y Sur de Gto.,INIA. folleto # 9.

Hernández, A.R., 1982. Guía para cultivar chile ancho en el Norte de Gto. San José Iturbide Guanajuato, INIA.

Jackson, M.L., 1970 y 1976. Análisis químico de suelos. Edit. Omega, Tercera Edición. Barcelona-España. pág. 189-225.

Laborde, C.J.A., 1982. Presente y pasado del chile en Estados Unidos Mexicanos. UACH Tesis.

Locascio, S.J., Fiskell J.G.A. and Graetz D.A., 1985. Nitrogen Accumulation by pepper as Influenced by mulch and time of fertilizer Application. Horticultural Science 110(3) pág. 325-328.

Locascio, S.J., Fiskell J.G.A. and Martin F.G., 1981. Responses of Bell Pepper to Nitrogen Sources Horticultural Science, 106(5) pág. 628-632.

Mason, S.C. and Wilcox G.E., 1982. Nitrogen Status - Evaluation of tomato Plants - Horticultural Science, 107(3) pág. 483-486.

Monteith, J., Webb C., 1981. Soil Water and nitrogen - in Mediterranean type environments Development in plant and soil Sciences. Vol. 1; by Nijhoff M., Junk W. The Hague Boston London.

- Muñoz, F.I., 1966. Taxonomía y distribución geográfica de los chiles cultivados en Estados Unidos Mexicanos. Folleto # 15 págs. 5-7, 9-21. INIA-SARH.
- Ojeda, O.D., 1970. Química Agrícola aplicada. Serie de apuntes en mimeógrafo. ENA. Departamento de suelos.
- Ortega, T.E., 1978. Química de suelos. Departamento de suelos. UACH México. pág. 105-114.
- Ortiz, V.B., 1975. Edafología. Edit. Patena, Chapingo - México. pág. 104
- Ortiz, V.B., Ortiz S.A., 1984. Edafología, Edit. Patena Chapingo Méx. págs. 151-152, y 348.
- Ortiz, V.B., 1967. Conservación de suelos. Serie de apuntes. ENA Chapingo México, págs. 12-13 y 19 a la 29.
- Pineda, M.J.R., 1980. La dinámica del nitrógeno en el suelo y el balance nitrogenado suelo-planta bajo el cultivo de maíz. UACH, TESIS.
- Pozo, C.O., 1983. Chile-Botánica-Investigación. UACH, México; TESIS.

- Primo, Y.E., Carrasco D.J.M., 1973. Química Agrícola I Suelos y Fertilizantes. Ed. Alhambra, España, pág. 131-139.
- Puchades, R., Primo Y.E. and Rubio J.L., 1983. The release, diffusion and nitrification of nitrogen in soils Surrounding-Sulfur-Coated Urea granules. Plant and Soil. vol. 78, pág. 345-348.
- Ray, P.M., 1980. La planta viviente. Traducción por el Ing. Agr. Antonio Marino A., Ed. Continental, México, pág. 141-151.
- Reyes, C.P., 1983. Bioestadística aplicada. Segunda reimpresión; Ed. Trillas México, pág. 42.
- Rosswall, T. and Paustian Keith; 1984. Cycling of nitrogen in modern agricultural Systems. Plant and Soil, vol. 76, No. 1-3, págs. 3, 15-19.
- Smith, C.J. and Delaune R.D., 1984. Effect of rice plants on nitrification-denitrification loss of nitrogen under greenhouse conditions. Plant and Soil, vol. 79, pág. 306-308.
- Stark, J.C., Jarrell W.M., Letey J. and Valoras N; - 1983. Nitrogen use Efficiency of Trickle-Irrigated Tomatoes Receiving Continuous Injection of N. Agronomy Journal. vol. 75(4), pág. 672-676.

- Sundstrom, F.J., Thomas C.H., Edwards R.L. and Baskin G.R., 1984. Influence of N and Plant Spacing on Mechanically Harvested Tabasco Pepper. Horticultural Science, vol. 109(5) pág. 642-645.
- Tamhane, R.V., Motiramani D.P. y Bali P. ; 1981. Suelos su química y fertilidad. Ed. Diana Méx., pág. 255-259.
- Teunscher, H. y Adler R., 1980. El suelo y su fertilidad. Ed. GECSA Méx. pág. 110-112.
- Valencia, I.C.E. y Godinez C.J., 1981. Determinación de las propiedades físicas y químicas, para el cultivo del maíz en suelos del ex-Rancho Almaráz. FES-C. (campo 4), Cuautitlán de Romero Rubio. México, TESIS.
- Vlek, P.L.G., Filler I.R.P. and Buford J.R., 1981. - Accession; transformation, and Loss of nitrogen in soils of the arid region. Plant and Soil, pág. 261-263.
- Uexküll, H. y Jacob A., 1973. Fertilización: nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Cuarta Edición. Ediciones Euroamericanas México, pág. 101-104.
- Walkley, A., 1947. Critical examination for determining Organic Carbon in Soils. Soil Sci., pág. 87.

VIII A P P E N D I C E

Cuadro 1. Análisis de varianza de "análisis foliar" para la determinación de nitrógeno.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. calculada.	F. T. requerido.
Tratamientos	5	2.31	0.462	1.555	3.11
Error	12	3.57	0.297	n.s.	5.06
Total	17	5.88			

.05 .01

n.s.= no significativo

Cuadro 2. Análisis de varianza "análisis de fruto" para la determinación de nitrógeno.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. calculada.	F. T. requerido.
Tratamientos	5	0.04	0.008	0.22	3.11
Error	12	0.43	0.036	n.s.	5.06
Total	17	0.47			

n.s.= no significativo

Cuadro 3. Análisis de varianza de "Evaluación de rendimiento" en el cultivo de chile.

Fuente de variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F. calculada.	F.T. requerido.
Tratamientos	5	218.53	43.71		.05 .01
Error	12	12.07	1.006	43.45 ++	3.11 5.06
Total	17	230.6			

++= altamente significativo

Cuadro 4. Prueba de medias (DMS, DSH y Scheffe) "Análisis foliar" en la determinación de nitrógeno.

$$DMS = .05 = t \frac{2 S^2}{r} = 2.179 \frac{2(0.297)^2}{3} = 0.969$$

$$DSH = 4.75 \frac{S^2}{r} = 4.75 \frac{0.297}{3} = 1.496$$

$$Scheffe = (5) (3.11) \frac{2S^2}{r} = (5) (3.11) \frac{2(0.297)}{3} =$$

1.749

Tratamiento	Media	Significancia		
		DMS	DSH	Scheffe
3	4.25	a	a	a
5	4.21	a	a	a
6	3.95	a	a	a
1	3.73	a	a	a
4	3.60	a	a	a
2	3.22	a	a	a

Cuadro 5. Prueba de medias (DMS, DSH y Scheffe) "Análisis de fruto" en la determinación de nitrógeno.

$$DMS = .05 = t \cdot \frac{2S^2}{r} = 2.179 \frac{2(0.036)}{3} = 0.337$$

$$DSH = 4.69 \frac{S^2}{r} = 4.69 \frac{0.036}{3} = 0.511$$

$$Scheffe = (5) (3.11) \frac{2S^2}{r} = (5) (3.11)$$

$$\frac{2(0.036)}{3} = 0.611$$

Tratamiento	Media	Significancia		
		DMS	DSH	Scheffe
3	1.72	a	a	a
4	1.69	a	a	a
5	1.68	a	a	a
2	1.65	a	a	a
6	1.60	a	a	a
1	1.57	a	a	a

Cuadro 6. Prueba de medias (DMS, DSH y Scheffe) "Evaluación de rendimiento" en el cultivo del chile

$$\text{DMS} = .05 \frac{2S^2}{r} = 2.179 \frac{2(1.006)}{3} = 1.78$$

$$\text{DSH} = 4.69 \frac{S^2}{r} = 4.69 \frac{1.006}{3} = 2.71$$

$$\text{Scheffe} = (5) (3.11) \frac{2(1.006)}{3} = 3.23$$

Tratamiento	Media	Significancia		
		DMS	DSH	Scheffe
5	29.15	a	a	a
3	23.5	b	b	b
2	22.3	b	b	b
6	21.3	c	b	b
4	19.7	d	c	b
1	18.3	e	d	c

Cuadro 7. Cuadro de precipitación y temperatura de la estación metereológica de Tepetzotlán para el año de 1985. Dicha estación tiene influencia en el área de Cuautitlán.

	Precipitación(mm)	Temperatura(en °C)
enero	9.7	11.8
febrero	2.3	13.3
marzo	4.9	15.6
abril	26.5	16.6
mayo	57.5	17.6
junio	101.3	18.3
julio	142.9	17.7
agosto	119.0	17.8
septiembre	96.9	17.3
octubre	46.5	15.9
noviembre	11.5	14.1
diciembre	7.6	12.6