

10
2 ej.

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
"CUAUTITLAN"



EVALUACION PRELIMINAR DE LA FERTILIDAD DEL SUBLO MEDIANTE LA TECNICA DE MICROPARCELAS DE CAMPO

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERA AGRICOLA

P R E S E N T A I

ANGELICA CORTES TERRAZAS

DIRECTOR DE TESIS:

M.C. LUIS RICARDO CAZAREZ GARCIA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1989

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



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

Indice de Cuadros y Figuras.....	III
Indice de Cuadros del Apéndice.....	IV
Resumen.....	V
Introducción.....	1
I.- Revisión de la Literatura.....	3
1.1.- Métodos evaluativos de la fertilidad del suelo	4
1.1.1.- Métodos químicos.....	5
Análisis de suelo.....	7
Análisis de planta.....	9
1.1.2.- Métodos biológicos.....	11
1.1.2.1.- Experimentos de campo con fertilizantes.....	12
1.1.3.- Métodos que utilizan plantas superiores como extractoras de nutrimentos.....	13
1.1.3.1.- Técnica de Mitscherlich.....	14
1.1.3.2.- Técnica de Neubauer.....	14
1.1.3.3.- Empleo de plantas indicadoras.....	16
1.1.3.4.- Diagnóstico Visual.....	16
1.1.3.5.- Técnica de microparcelas de campo.....	18
1.1.4.- Métodos microbiológicos.....	21
1.1.4.1.- Prueba de placa con <u>Azotobacter</u>	21
1.1.4.2.- Prueba de <u>Aspergillus niger</u>	22
1.1.4.3.- Método de la placa con cunninghamella.....	22
II.- Objetivos e Hipótesis.....	24
III.- Materiales y métodos.....	25
3.1.- Descripción general de la zona donde se reali- zó el experimento.....	25

3.2.- Diseño experimental y distribución de los tratamientos.....	26
3.3.- Preparación del terreno.....	28
3.4.- Delimitación de microparcelas.....	28
3.5.- Surcado.....	29
3.6.- Fertilización.....	29
3.7.- Siembra.....	30
3.8.- Control de maleza.....	31
3.9.- Control de plagas.....	31
3.10.- Cosecha.....	31
3.11.- Procesamiento de las muestras.....	32
IV.- Resultados y discusión.....	33
v.- Conclusiones y Recomendaciones.....	51
Bibliografía.....	54
Apéndice.....	58

INDICE DE CUADROS.

CUADRO		PAGINA
1	Tratamientos de fertilización utilizados en la evaluación de la fertilidad del suelo, mediante la técnica de microparcelas en Cuautitlán Izcalli, Méx.	27
2	Resultados promedio (3 repeticiones) de materia verde y seca de maíz, por microparcela en Cuautitlán Izcalli, Méx.	36
3	Resultados del análisis de varianza del rendimiento de materia seca de maíz, en microparcelas de campo en Cuautitlán Izcalli, Méx.	37
4	Resultados del análisis físico-químico del suelo correspondiente al sitio experimental.	39
5	Rendimiento promedio (3 repeticiones) de materia seca de maíz, obtenido a partir de microparcelas de Campo en Cuautitlán Izcalli, Méx.	41

INDICE DE FIGURAS

CUADRO		PAGINA
1	Resultados de rendimiento promedio (3 repeticiones) de materia verde de maíz, producto de microparcelas, en Cuautitlán Izcalli, Méx.	35
2	Resultados de rendimiento promedio (3 repeticiones) de materia seca de maíz, producto de microparcelas en Cuautitlán Izcalli, Méx.	38

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

Quadro		Página
1A	Calendograma de actividades.....	59
2A	Promedio de hojas y altura de planta de - maíz del primer experimento de microparce las para evaluar la fertilidad del suelo en Cuautitlán Izcalli, México.....	60
3A	Promedio de hojas y altura de planta de - maíz del segundo experimento de microparce las para evaluar la fertilidad del suelo - en Cuautitlán Izcalli, México.....	61
4A	Promedio de hojas y altura de planta de - maíz del tercer experimento de microparce las para evaluar la fertilidad del suelo en Cuautitlán Izcalli, México.....	62
5A	Clases y límites de los parámetros edáfi- cos empleados en el análisis químico de - suelos del área utilizada.....	63

Resumen.

La técnica de las microparcelas de campo para evaluar la fertilidad del suelo, forma parte de los métodos biológicos, ya que utiliza a la planta misma como extractora de los nutrimentos.

Esta técnica fue inicialmente utilizada por Holme -- (1944) y más tarde por Hardy (1966); el experimento consistía en un arreglo factorial (3^3) utilizando nitrógeno, fósforo y potasio, sin repeticiones y un total de 27 parcelas, con una superficie total de 60 x 60 cms. y una población de 30 plantas por parcela. Más tarde, la técnica fue modificada por Martini en 1969.

Los objetivos de la presente investigación fueron -- evaluar de una manera preliminar, el estado nutricional actual del suelo del área agrícola de la F.E.S. Cuautitlán y comprobar que a través del método de microparcelas de campo, es posible evaluar de manera preliminar y en un periodo de tiempo relativamente corto, la fertilidad del suelo.

En esta investigación se utilizó la técnica de microparcelas de campo modificada (Martini, 1969), consistente en un diseño de bloques al azar con arreglo factorial (2^3). Las fuentes de variación con sus respectivos niveles, fueron Nitrógeno (0,180), Fósforo (0,100) y Potasio (0,100), con tres repeticiones y un total de 24 microparcelas de 1 m^2 (en este trabajo se realizaron cuatro repeticiones y un total de 32 microparcelas) y 50 plantas en cada una. El propósito de utilizar este modelo estadístico, fue el de poder evaluar el estado nutricional del suelo con res-

pecto a N, P, K, así como sus posibles interacciones a fin de obtener con un mínimo de tratamientos, un máximo de información.

La cosecha se realizó a los 40 días después de la --- siembra, evaluándose el rendimiento de materia seca, como un parámetro para determinar la fertilidad del suelo.

Los resultados obtenidos señalan a la combinación de N x P como el mejor tratamiento y a la de P x K como la de menor rendimiento, aunque estadísticamente no se encontró diferencia significativa entre ellos.

Como conclusiones de este trabajo se puede señalar -- que...

La fertilidad del suelo del área agrícola de la F.E.S -C presenta un nivel alto.

A través de la técnica de microparcela de campo, es - posible evaluar de manera preliminar la fertilidad de los suelos.

Una fertilización que incorpore fósforo y potasio a - este suelo que inicialmente ya presenta niveles elevados - de los mismos, causa un desbalance nutricional que se presenta como una disminución del rendimiento.

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

El conocimiento del estado nutricional o fertilidad del suelo ha sido objeto de constantes investigaciones a través de la historia del hombre.

En términos generales, la finalidad de estas investigaciones se ha enfocado al aumento de la producción agrícola en sus diversas y muy variadas facetas, conforme a las necesidades particulares del agricultor de que se trate. Sin embargo, siempre se presenta una serie de factores que de alguna manera limitan la posibilidad de diagnosticar las condiciones nutrimentales en que se encuentra el suelo al ser utilizado para el establecimiento del siguiente cultivo.

Esta problemática incide directamente en el desconocimiento de los niveles apropiados de fertilizantes requeridos para las especies cultivadas, con la consiguiente disminución de los rendimientos esperados por unidad de superficie.

La dificultad que implica realizar experimentos de campo en cuanto a mano de obra, tiempo, dinero, superficie e insumos, ha dado pie a que sean estudiadas otras técnicas que faciliten la evaluación de la fertilidad del suelo, entre las cuales encontramos la técnica de las microparcelas de campo.

Esta técnica aunque ha sido poco practicada y difundida pretende dar solución a los problemas anteriormente expuestos, y consiste en experimentar con parcelas de tamaño muy reducido ($1m^2$), diferentes dosis de fertilización,

a fin de obtener la información en poco espacio, a bajo - costo y en periodo de tiempo relativamente corto, considerando el crecimiento vegetativo de la planta como una co-relación válida del rendimiento. Lo anterior deja implícito que ésta técnica debe ser utilizada como un medio para evaluar de manera preliminar la fertilidad del suelo, no considerandose como un método absoluto, sino más bien complementario de otro tipo de análisis como los químicos y los controlados en laboratorios e invernaderos, ya que a la vez proporciona información sobre los demás factores - que interactúan en la producción como el medio-ambiente y la planta misma como extractora de los nutrientes presentes en el suelo.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el estado nutricional del suelo en el área agrícola de la F.E.S. Cuautitlán de una forma preliminar a través de la técnica antes señalada.

I.- REVISION DE LA LITERATURA

La palabra suelo proviene del latín "solum" que significa piso o superficie de la tierra, sin embargo, encontrar una definición generalizada es poco probable, ya que a través del tiempo se ha venido estudiando y conceptualizando al mismo desde muy diferentes puntos de vista, tanto geológicos como agronómicos. Así, encontramos que para el geólogo Lang, el suelo es la parte de la corteza terrestre y de la materia muerta que forma la envoltura sólida de la tierra; no es más que una clase de roca que proviene del material pétreo transformado químicamente y en parte del humus de los vegetales descompuestos. (Ortiz, 1977).

En este tipo de definiciones se puede observar que se considera al suelo en forma aislada, solo como un conjunto de materiales, minerales y orgánicos, y no como parte del medio en que se desarrollan las plantas y que además debe de cumplir con ciertas funciones, por lo que agronómicamente hablando, Ford (1984), define el suelo como un complejo mineral-orgánico con intensa actividad biológica, donde se dan múltiples interacciones entre la materia mineral y orgánica, los organismos vivos; el agua y el aire; el término se refiere a la capa superficial de materiales sueltos o poco consolidados que sirve como sustento a las raíces vegetales, de donde éstas extraen agua y sustancias minerales.

Quizá la más importante de las funciones que cumple el suelo sea la de proveer a las plantas de elementos nutritivos que éstas requieren para desarrollarse, y esto depende primordialmente de la fertilidad del mismo, por lo que Ayres (1975), señala que el conocimiento de la fer

tilidad del suelo, es de suma importancia ya que la falta o, deficiencia de algún elemento esencial provoca una baja producción, corregible mediante la adición de fertilizantes.

La fertilidad de un suelo puede definirse según Millar et al., (1971), como la cualidad que le permite proporcionar los compuestos en la cantidad conveniente y en el balance apropiado, para el crecimiento de determinadas plantas cuando otros factores son favorables. Este término con frecuencia se confunde con el de productividad del suelo que se refiere a la capacidad del mismo para producir una planta determinada ó secuencia de plantas, bajo un sistema dado de manejo.

Al comparar ambos términos, se observa una semejanza aunque, su diferencia se aprecia en que la fertilidad del suelo nos indica la condición y disponibilidad de los nutrientes para las plantas, y la productividad nos señala además, la interacción de los diversos factores que influyen en la producción y que van más allá del propio suelo.

1.1.- Métodos evaluativos de la fertilidad del suelo.

Dada la necesidad de conocer el nivel nutricional del suelo, se han diseñado diversos métodos de evaluación que pretenden proporcionar información, sobre la cantidad y - disponibilidad de los nutrientes presentes en el suelo en un momento determinado y que puedan ser aprovechados por las plantas; con la finalidad de que una vez conocidos los niveles de los nutrientes, se puedan realizar recomenda--

ciones de fertilizantes que aporten los elementos nutritivos deficientes en el suelo y que por ello estén limitando el buen desarrollo y producción de los cultivos.

El "status" nutrimental de un suelo puede ser evaluado de diversas formas, entre estas se encuentran los experimentos con fertilizantes en campo, experimentos con macetas bajo condiciones de invernadero, observación de la sintomatología presentada por el cultivo, el análisis vegetal, el análisis de savia, las pruebas biológicas con microorganismos y el análisis químico de suelos (Melsted y Peck, 1973).

1.1.1.- Métodos químicos.

Estos tipos de análisis, tienen por objeto determinar de una manera rápida la presencia de nutrimentos en el suelo, realizando para ello, valoraciones con sustancias químicas extractoras de los mismos, además de proporcionar otros datos de importancia como son el pH, el contenido de materia orgánica. C.I.C.T. etc.

Los análisis químicos presentan una buena alternativa para obtener un panorama general, en forma rápida del estado nutricional en que se encuentra un suelo y se basa en los principios de absorción nutrimental por la planta, Por ello no debe ser considerado como un método preciso, lo cual se aprecia claramente por la manera como se presentan los resultados (contenido alto, medio o bajo, de los nutrimentos analizados), además de que este tipo de análisis está expuesto a errores desde la toma de las muestras, hasta la precisión con que se realicen las valoraciones en

el laboratorio.

Como ya se señaló, los análisis químicos de suelos se fundamentan en los principios sugeridos de absorción nutricional por la planta y que de acuerdo con las teorías existentes pueden llevarse a cabo:

1) Por absorción directa de la solución del suelo.

Donde se han derivado los métodos colorimétricos que fueron usados antiguamente y que separan la solución del suelo mediante presión ó por desplazamiento con alcohol.

2) Por excreción ácida.

Según la cual se supone que la planta secreta sustancias ácidas, que son capaces al reaccionar con el suelo, de solubilizar nutrimentos para que puedan ser absorbidos por las raíces de las plantas, de ahí que con los análisis químicos se intente simular este fenómeno para obtener una aproximación de la disponibilidad nutricional que presenta un suelo para la planta, mediante valoraciones con ácidos.

3) Por intercambio iónico.

Consiste en la extracción de nutrimentos del suelo, mediante soluciones de sales neutras cuyos cationes desplazan e intercambian lugares con los cationes nutrimentales adsorvidos en los coloides del suelo. Este método se basa en la teoría de que los pelos radicales de la planta entran en contacto con las partículas del suelo cubiertas de coloides, excretando hidrogeniones provenientes de los ácidos del

Jugo celular, los cuales se intercambian con los iones - adsorvidos en los coloides del suelo (Harry, 1970).

El análisis químico de los suelos dentro de los métodos evaluativos de la fertilidad del mismo, ocupa un lugar preponderante y en él destacan dos tipos de análisis básicamente, los que se presentan a continuación.

Análisis de suelo.

Este puede ser de la composición en general de la muestra o de algún nutriente en particular. Al respecto, -- autores como Stalling (1981), Thamane (1978), y Tisdale et al., (1978) señalan que los análisis químicos de una muestra de suelos con el propósito de determinar la provisión disponible de los elementos nutritivos para la -- planta, son ampliamente aceptados en muchos países siendo empleados a gran escala y como ejemplo se reporta que ya en 1963 en E.U. se analizaron aproximadamente 2.8 millones de muestras.

Entre la conveniencia de realizar éste tipo de análisis destacan, el hecho de la rapidez con que se obtienen los resultados, además de que por medio de éstos se pueden hacer predicciones sobre necesidades de nutrientes antes del establecimiento del cultivo en base a las deficiencias de los mismos detectadas en los suelos analizados.

Según Tisdale et al., (1970), el objeto de practicar el análisis químico de suelos, es obtener información -- que puede ser utilizada para evaluar la fertilidad de los mismos, valorando de alguna manera la cantidad de nutrientes presumiblemente disponibles para la planta y así en -----

base a estos valores, poder predecir las probabilidades - de obtener una respuesta favorable a la adición de cal y fertilizantes ó realizar recomendaciones sobre la cantidad de nutrimentos que se deban aplicar, en función del - nivel de fertilidad que presente el suelo.

Sin embargo, un programa de análisis de suelo considerado como serio y adecuado requiere de una gran cantidad de investigación previa en la materia, acerca de formas químicas preponderantes de los nutrimentos disponibles en los suelos del área, de las soluciones extractoras más convenientes para medir con precisión las formas nutrimentales antes señaladas, la capacidad productora relativa - de los suelos para los diversos cultivos que se establecen en la zona, la respuesta de estos cultivos a las tasas y métodos de fertilización utilizadas, las técnicas o procedimientos de muestreo de suelo y las metodologías de análisis a nivel de laboratorio. (Melsted y Peck, 1973).

La exactitud de los juicios interpretativos depende casi exclusivamente de la entereza y calidad de éstos estudios previos. En países en vías de desarrollo como el nuestro, los programas de análisis de suelos se inician y realizan sin los suficientes antecedentes ya señalados, debido fundamentalmente al elevado costo y tiempo requerido para su desarrollo, además de la falta de coordinación entre las instituciones de enseñanza superior dedicadas a éstas labores y aquellas de índole privado y oficial que también realizan análisis químico de suelos. - - - - (Cázarez, 1988).

Análisis de planta.

Según Tisdale et al; (1970), éste tipo de análisis se basa en la premisa de que la cantidad de un elemento dada en una planta, es una medida del suministro de éste nutrimento y por lo tanto se relaciona directamente con la cantidad del mismo presente en el suelo. Además, señalan que para éste tipo de análisis se utilizan los tejidos de las plantas o la savia de las mismas para determinaciones rápidas en el campo, por medio de reactivos que se basan en la comparación colorimétrica indicadora del contenido del nutrimento del que se trate.

También se realizan análisis totales sobre la planta o diversas partes de ella, empleando técnicas analíticas más precisas para medir la cantidad de los nutrimentos presentes en el material vegetal, previamente secado, triturado e incinerado, como son las técnicas espectrográficas; éste último tipo de análisis, requiere de un equipo más avanzado de laboratorio y de mayor tiempo para su ejecución, pero es más preciso ya que además de ser cualitativo es también cuantitativo y permite detectar la mayoría de los nutrimentos.

Para que los resultados de éste tipo de análisis resulte útil, deben considerarse diversos factores, a fin de realizar una adecuada interpretación que permita generar recomendaciones, a lo que Jackson, (1970) indica que cada elemento se presenta en concentraciones que son características para cada especie vegetal, pero aún este contenido característico, varía con la actividad del elemento correspondiente en el suelo, la edad del tejido analizado, las condiciones del cultivo y del clima.

Al igual que el análisis de suelos, éste estudio -- presenta diversos problemas en su utilización como son - las técnicas utilizadas en el muestreo, lavado y conservación de las mismas muestras, así mismo, los estándares utilizados para realizar la interpretación de sus resultados casi siempre constituyen una grave escollo para obtener un buen logro a través de su práctica, además de - que generalmente se trata de un análisis post-mortem que dificulta a su vez la interpretación respectiva, máxime cuando ha pasado cierto tiempo entre muestreo y la obtención de los resultados. (Cazarez, 1989, Comunicación personal).

Una combinación de ambos tipos de análisis (suelo y planta), resulta conveniente, ya que como lo indican Teucher et al., (1980), a partir de ellos se puede obtener información sobre la eficiencia con que absorben las plantas los elementos nutritivos presentes en el suelo, el comportamiento de la misma planta en diversos tipos de suelo, o diferentes plantas en un mismo suelo y lo más importante, la comparación de los resultados podrá aportar datos valiosos para en caso de existir problemas de absorción nutrimental, buscar alternativas para su solución.

El análisis vegetal se realiza con varios propósitos entre los que destacan:

- a) Diagnosticar o confirmar lo derivado de la observación de los síntomas visuales.
- b) Identificar aquellos casos de "hambre oculta" en los cultivos.
- c) Localizar áreas con deficiencias incipientes.

- d) Estudiar interacciones y antagonismos entre nutrimentos.
- e) Realizar estudios acerca del funcionamiento interno de las plantas.
- f) Sugerir pruebas adicionales que auxilien en la --
identificación de un problema determinado.
(Aldrich, 1973).

1.1.2.- Métodos biológicos.

Este tipo de métodos según Hardy (1970), a diferencia de los químicos, recurren directamente a la planta - como extractora de nutrientes, ya que se basa realísticamente en que las plantas son las únicas verdaderamente capaces de determinar la clase y cantidad de nutrientes que están disponibles en el suelo, en un determinado momento.

En base a lo anterior, pudiera decirse que estos métodos son más verídicos, pero también presentan ciertas desventajas, por lo que Melsted et al., (1973) señalan que las pruebas biológicas aún cuando más precisas que las químicas si son bien llevadas a cabo, consumen tiempo y resultan costosas.

Existe una gran variedad de pruebas biológicas para el análisis de fertilidad de los suelos, entre los que - destacan los siguientes:

1.1.2.1.- Experimentos de campo con fertilizantes.

Autores como Hardy (1970) y Tamhane (1978) coinciden en señalar que éstos pueden ser de dos tipos; los experimentos simples, que tienen como finalidad conocer la respuesta de un cultivo a determinado tipo y cantidad de fertilizante y los experimentos complejos, que pretenden además, estudiar la interacción de diversos factores para determinar la cantidad de fertilizante, la clase y método de aplicación para una zona edafoclimática y que requieren para la correcta interpretación de los resultados, la utilización de métodos estadísticos.

Este tipo de experimentos tiene la ventaja de que se realizan directamente en el campo, por lo que las condiciones son reales y se consideran además del suelo y el cultivo, las labores que se les practican a los mismos y el medio ambiente que los rodea, por lo que los resultados son más confiables, porque todo lo anterior influencia la producción final de las plantas, sin embargo, también presentan la desventaja de ser tardados, de alto costo y de aplicación limitada al lugar donde se realiza la evaluación, ya que al cambiar la zona varían también las condiciones y no se pueden generalizar las recomendaciones generadas con los resultados anteriormente obtenidos.

Según Hardy (1970), tal vez la principal ventaja de los experimentos a gran escala con fertilizantes, está en el hecho de que proveen información relacionada con el aspecto económico del uso de fertilizantes o sea, si la aplicación de un fertilizante o combinación de fertilizantes en una o más épocas y en determinadas cantidades será o no provechosa, además indica que el principio fundamental que debe tenerse en mente al efectuar dichos experimentos

es que se fertiliza al suelo y no a la planta, por lo que ésta solo puede absorber aquella fracción del fertilizante que el suelo no fija o hace inaprovechable por la interacción química entre el fertilizante y los diversos componentes del suelo.

Así mismo debe considerarse que el estado nutritivo del suelo que se ve afectado por el fertilizante aplicado, no es el único factor que actúa sobre la planta, ya que - las variaciones en el clima afectan a la misma debido a - que la absorción de nutrimentos depende en gran medida - de la humedad y temperatura del suelo y del aire, de ahí que los experimentos de campo muestren a menudo una diferencia cualitativa en el tipo de respuesta de una estación a otra.

1.1.3.- Métodos que utilizan plantas superiores como extractoras de nutrimentos.

Estos se realizan generalmente en el laboratorio y - son más simples y rápidos que los experimentos de campo; los métodos de cultivo artificial para determinar la fertilidad del suelo tienen como característica primordial, - el estricto control que se puede llevar del medio nutritivo que sirve como patrón de comparación para tal fin (determinar la fertilidad de los suelos).

Sachs y Knop (citados por López et al., 1978) fueron los primeros investigadores que emplearon estas técnicas para determinar la fertilidad de los suelos, aunque para ello utilizaban como medio comparativo una solución hidropónica, lo cual fué modificado posteriormente por los in-

investigadores que perfeccionaron estas técnicas, a lo que actualmente se usa que son las arenas lavadas. Entre estas técnicas se destacan las siguientes:

1.1.3.1.- Técnica de Mitscherlich.

Esta se basa en la ley de relaciones fisiológicas, que establece, que puede aumentarse el rendimiento de la planta por cada factor de desarrollo, individual, incluso cuando se halle presente al mínimo, pero siempre que no se encuentre en el óptimo; en base a lo anterior y por medio de un experimento con plantas de avena, en unos recipientes con determinadas características y con una cantidad de 2.7 kg de suelo, previamente fertilizado con nitrógeno, fósforo y/o potasio, según el tratamiento que corresponda a cada recipiente, obtuvo una tabla de rendimientos considerando la producción de los tratamientos N x P y N x K como porcentajes de la fertilización completa ---- (N x P x K,) de la cual se pueden obtener predicciones en cuanto a el porcentaje de aumento en el rendimiento por medio de la adición de determinadas cantidades de nutrientes. (Tamhane, 1978).

1.1.3.2.- Técnica de Neubauer.

Esta se basa en la absorción de nutrientes por un gran número de plantas, cultivadas en una pequeña cantidad de suelo, considerando que las plantas penetran a fondo en el mismo y agotan las reservas de nutrientes en poco tiempo; para este tipo de ensayo se utilizan semillas de cereales de las cuales se toma una pequeña muestra que se analiza químicamente, a fin de determinar su contenido nu-

trimental, para posteriormente cuando se cosechen las plántulas que estuvieron en el invernadero con suficiente luz y humedad, óptima temperatura y en un volúmen de suelo conocido, obtener la diferencia entre el contenido de nutrientes en la planta cosechada y el que presentó la semilla sin germinar.

De esta manera se trata de determinar la cantidad de nutrimentos absorbidos, y finalmente a partir de ello las condiciones nutrimentales del suelo (Hardy, 1970), presu- poniendo que solo de un 20 a un 33% del fósforo y potasio disponibles en el campo es soluble para las raíces de las plantas, mediante este método. Los nutrientes absorbidos en general se determinan mediante análisis químico de la planta entera. De acuerdo con esto se han elaborado tablas que indican los valores mínimos para la producción satisfactoria de diversos cultivos (Tisdale, et al., 1970).

Autores como Teuscher y Adler (1980), mencionan este método como uno de los más prometedores para los estudios de nutrición vegetal, pero hacen notar que para el éxito del mismo se requiere mucho control, para evitar errores principalmente en lo que se refiere a la aplicación del riego ya que la cantidad de agua debe ser igual para todos los tiestos, así como la cantidad de luz que reciban las plántulas.

Este tipo de análisis, tiene el inconveniente de que al realizarse en ambientes controlados, no se consideran los factores externos que afectan la nutrición vegetal, - arrojando resultados y recomendaciones para condiciones - ideales que en la realidad son muy difíciles de encontrar en el campo.

1.1.3.3.- Empleo de plantas indicadoras.

Otro método de detección de deficiencias nutrimentales en el suelo, cuando se sospecha de la deficiencia de algún nutrimento en particular, es el empleo de plantas indicadoras. Este se fundamenta en que existen ciertas plantas que son susceptibles a la deficiencia de un nutrimento en particular y que muestran síntomas claros de su insuficiencia en el suelo; ejemplo de éstas plantas son para nitrógeno la col y la coliflor; para fósforo la colza; para potasio la papa y para boro el girasol.

Otros grupos de plantas que crecen únicamente en suelos con condiciones especiales, sirven para conocer aspectos importantes del mismo, que permiten predecir su comportamiento en el establecimiento de un determinado cultivo. Entre éste grupo de plantas indicadoras se encuentran las halófitas que se desarrollan sólo bajo condiciones de exceso de humedad, las calcícolas que se presentan en suelos abundantes de cal, etc. Cabe señalar que de éste tipo de plantas existen listas para las diferentes zonas.----- (Hardy, 1970).

1.1.3.4.- Diagnóstico Visual.

Otra forma de detectar deficiencias nutrimentales, es atender al aspecto que presentan las plantas (altura, vigor, color, desarrollo foliar, etc.) que son a fin de cuentas en quienes se integran todos los factores de crecimiento y el interés final del agricultor.

Autores como Foth et al., (1975), Tamhane (1978), y

Tisdale et al., (1970), señalan como características y -- puntos importantes a considerar sobre éste método las siguientes:

- a) Debe ser efectuado por técnicos, con bastante conocimiento y experiencia, ya que, es el único método de diagnóstico que no requiere de equipo especializado, sino más bien depende exclusivamente del criterio y la habilidad de la persona que lo practica.
- b) Este tipo de diagnóstico puede ser cualitativo -- y se aprecia solo cuando el problema ya está presente y en estado avanzado.
- c) La deficiencia de uno o más elementos no producen el síntoma en sí, más bien, provoca un desequilibrio en los procesos de la planta, que conduce a la misma a presentar anomalías consideradas -- como síntomas. Además debe considerarse que un -- síntoma al ser un efecto secundario, puede ser resultado de más de una causa.
- d) Los síntomas generalmente se relacionan, con la función fisiológica que desempeña el elemento deficiente, sin embargo, esto entraña un problema, porque un mismo elemento puede desempeñar diversas funciones.
- e) Existe una relación entre la movilidad del nutriente dentro de la planta y el lugar de aparición del síntoma, así, la deficiencia de un nutriente móvil se presenta primero en las hojas viejas e --

inversamente la deficiencia de un nutriente poco móvil se apreciará inicialmente en los puntos de crecimiento.

- f) Algunos síntomas pueden confundirse con decoloraciones o características anormales producidas -- por enfermedades o ataques de insectos.
- g) La deficiencia de un elemento puede ser relativa es decir, que puede ser causada indirectamente -- por el exceso de otro nutriente.

Finalmente, insisten en que la sintomatología visual utilizada conjuntamente con otros métodos de diagnóstico, -- como los análisis de planta y suelos, son de gran ayuda -- para determinar las necesidades de nutrimentos y generar recomendaciones de prácticas de fertilización adecuadas.

Algunas otras consideraciones son útiles de recordar para poder diagnosticar una deficiencia, ya que los síntomas de desórdenes nutrimentales, se presentan en una secuencia determinada, además de que presentan una simetría característica. (Cázares, 1988. Comunicación personal).

1.1.3.5.- Técnica. de microparcelas de campo.

La técnica de microparcelas de campo forma parte de los métodos biológicos de evaluación de la fertilidad de los suelos, ya que, utiliza a la planta como extractora -- de los nutrientes y no una solución como sucede en el caso de los análisis químicos. Establece una comparación -- del crecimiento vegetativo entre la parcela no fertilizada y otras parcelas tratadas con diferentes dosis y con --

distintos productos fertilizantes, lo cual permite observar la respuesta de la planta y con ello identificar el o los nutrientes que limitan el desarrollo de la misma.

Este método fue originalmente propuesto por Holme, - (1944) y más tarde introducido por Hardy (1966) al Centro de Enseñanza e Investigación del IICA en Turrialba, Costa Rica.

El experimento inicialmente consistía en un arreglo factorial (3^3) de N, P, K, sin repeticiones y con un total de 27 parcelas distribuidas al azar. Cada parcela constaba de una superficie de 60 x 60 cm con 30 plantas distribuidas en 3 surcos.

El método de microparcelas, utilizando al maíz como planta extractora, fue aplicado por Holme (1944) en Jamaica, para evaluar la fertilidad de los suelos cañeros y obtener la curva de respuesta de la caña de azúcar al nitrógeno, más este método fue criticado por carecer de repeticiones, porque las parcelas eran extremadamente pequeñas y demasiados tratamientos para ser un método de estudio preliminar, lo que dio pie para que se modificara.

Martini (1969), propuso una reestructuración, modificando el diseño experimental a un factorial (2^3) de N, -- P, K, con 3 repeticiones, dando un total de 24 microparcelas de 100 x 100 cm buscando con este diseño poder evaluar el estado nutricional del suelo, con respecto a nitrógeno, fósforo y potasio, así como sus posibles interacciones y obtener con un mínimo de tratamientos un máximo de información.

Con la finalidad de probar el comportamiento de la microparcela modificada y de correlacionar sus resultados con los trabajos convencionales de invernadero y campo, el autor mencionado realizó simultáneamente ensayos con microparcelas, macetas en invernadero y parcelas convencionales, utilizando en todos los casos el mismo suelo y al maíz como planta extractora.

Consideró como rendimiento final el peso seco vegetativo a las seis semanas en los ensayos en macetas, la producción de grano en la parcela convencional de campo y el rendimiento de materia seca en la microparcela a los treinta días después de la germinación, encontrando que el coeficiente de correlación fué ($r = 0.77$), significativo al nivel de 5% de probabilidad entre las microparcelas, los ensayos con parcelas convencionales y en invernadero, con lo cual concluyó que la técnica de microparcelas de campo puede resultar muy útil, como un método biológico para analizar el estado nutricional del suelo.

Sanchez (1973), en Guatemala, experimentó una variación en la técnica de microparcelas, utilizando un arreglo factorial $4 \times 3 \times 2$ de bloques completos al azar con 3 repeticiones, con un tamaño de microparcela de 100×100 cm a fin de cosechar 0.75×0.70 cm probando 4 niveles de nitrógeno, tres niveles de fósforo y 2 de potasio. Al mismo tiempo realizó ensayos con macroparcelas (6×9 m) probando los mismos niveles de los nutrimentos; en las microparcelas evaluó el rendimiento de materia verde y en las macroparcelas el rendimiento en grano. Cabe señalar que el experimento lo realizó al mismo tiempo en 2 lugares diferentes para evaluar 2 zonas a la vez.

A partir de este estudio encontró que los coeficientes de correlación fueron para la zona de Labor Ovalle de 0.81 (significativo al 1%) y para Campo Viejo de 0.56 al 1% de significancia, de lo cual dedujo que existió una correlación positiva entre el rendimiento de materia verde y el rendimiento en grano (al menos para la planta de maíz), concluyendo que la técnica de microparcels de campo permite, obtener resultados rápidamente, además de economizar la adquisición de insumos y uso de la tierra con resultados confiables.

1.1.4.- Métodos microbiológicos.

Winogradsky (citado por Tisdale et al., 1970), fué uno de los primeros investigadores en observar que en ausencia de algunos elementos minerales, ciertos microorganismos presentaban un comportamiento similar al de las plantas superiores.

En comparación con los métodos biológicos que utilizan plantas superiores para la evaluación de la fertilidad del suelo, los microbiológicos son más rápidos, simples y requieren poco espacio.

1.1.4.1.- Dentro de éstos métodos encontramos, la prueba de la placa con Azotobacter, donde los organismos de este grupo son especialmente sensibles a la acidez del suelo y a un nivel bajo de fósforo, hecho que se aprovecha para determinar las deficiencias de cal, fósforo y potasio, clasificando así el suelo, desde muy deficiente hasta no deficiente según el crecimiento de las colonias.

1.1.4.2.- Prueba de Aspergillus niger.

Esta consiste en una solución de nutrientes, mezcla da con una pequeña cantidad de tierra que se inocula con el hongo y se incuba a 35°C durante cuatro días; el peso de la almohadilla micelial se emplea como una medida de la deficiencia de los nutrimentos. Mehlich et al., (1913) modificaron el método, utilizando la cantidad de potasio absorbido por el hongo como medida de la deficiencia nutricional; esta prueba también se ha empleado para determinar las necesidades de cobre, magnesio, molibdeno, cobalto y manganeso, utilizando el color del micelio y de las esporas como medida de las cantidades presentes.

1.1.4.3.- Método de la placa con cunninghamella.

Este método, descubierto por Mehlich, se basa en la sensibilidad del organismo, para el contenido de fósforo en su medio de crecimiento por lo que el diámetro de crecimiento de los micelios en la caja de incubación se usa como una estimación de la cantidad de fósforo presente en el medio de cultivo.

Entre las principales desventajas que se presentan en estos métodos, es que son de carácter puramente cualitativo y no son tan precisos, ya que las necesidades de estos organismos, aunque similares no pueden ser idénticas a las de las plantas superiores.

Finalmente, existe otro método similar a los anteriores, pero que se basa en el principio de que los microorganismos requieren todos los elementos principales para su actividad y que una deficiencia de cualquier nutri-

mento, reducirá la cantidad de CO_2 producido y por consi-
guiente la adición de dicho nutrimento deficiente, aumen-
tará el primero. Este método ha sido empleado por Desai
Rao y Tejwani (1945), en la India, para determinar las -
deficiencias nutrimentales en suelos.

II.- OBJETIVOS E HIPOTESIS

- 1.- Evaluar de una manera preliminar, el estado nutricional actual del suelo del área agrícola de la Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán.
- 2.- Comprobar que a través del método de microparce las de campo se puede evaluar de manera preliminar y en un periodo de tiempo relativamente corto, la fertilidad del suelo.

Hipótesis:

El nivel de fertilidad del suelo, en el Area -- Agrícola de la F.E.S-C, es bajo y puede ser determinado mediante la técnica de las microparce las de campo.

III.- MATERIALES Y METODOS.

3.1.- Descripción general de la zona donde se realizó el experimento.

Localización del área experimental.

El presente trabajo se realizó, dentro de la zona -- agrícola de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, ubicada en el Estado de México, Municipio de Cuautitlán - Izcalli. Este municipio se extiende aproximadamente entre los 19° 37' y los 19° 45' de latitud norte y entre los -- 99° 14' de longitud oeste, 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.

Características agroclimáticas.

Esta zona presenta una altura sobre el nivel del mar de 2250 m con un clima según el sistema de Köppen modificado por García, C (Wo) (w) b (1), templado, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias en verano e invierno seco, con verano largo y fresco además de temperatura extremosa con respecto a su oscilación. La temperatura media anual es de 15.7°C, con una oscilación media mensual de 6.5°C, siendo enero el mes más frío con una temperatura promedio de 11.8°C y junio el mes más caliente con una temperatura promedio de 18.3°C; la temperatura máxima promedio es de 26.5°C y la mínima promedio de 2.3°C.

Presenta un régimen de lluvias de verano concentrándose éstas de mayo a octubre, con una precipitación media anual de 605 mm siendo julio el mes más lluvioso con 128.9 mm y febrero el mes más seco con 3.8 mm.

El promedio anual de días con heladas es de 64, iniciándose generalmente la temporada de heladas en octubre y terminando la primera quincena de abril.

Características edáficas.

Los suelos de esta zona son de formación aluvial, -- que se originaron a partir de depósitos de material ígneo derivado de las partes altas que la rodean; son suelos -- con más de un metro de profundidad y están clasificados -- de acuerdo con el sistema FAO/DETENAL como Vertisoles pélicos, los cuales presentan una textura fina, arcillosa; son pesados, plásticos y adhesivos cuando están húmedos y duros cuando se secan, formando grietas profundas, pudiendo ser impermeables al agua, tanto de riego como de lluvia (De la Teja, 1982).

3.2.- Diseño experimental y distribución de los tratamientos.

El diseño experimental utilizado, fué un bloques al azar con arreglo factorial (2³) con cuatro repeticiones -- conformando un total de treinta y dos microparcelas.

Las fuentes de variación, fueron Nitrógeno, Fósforo y Potasio en los siguientes niveles.

- Nitrogeno	0	180
- Fósforo	0	100
- Potasio	0	100

El objetivo de utilizar este tipo de diseño fue analizar el comportamiento individual de cada una de las fuentes de variación (nitrogeno, fósforo y potasio) así como el efecto de sus interacciones.

El experimento completo, se repitió en tres ocasiones; los tratamientos objeto de estudio se muestran en el Cuadro 1.

Cuadro 1 Tratamientos de fertilización utilizado en la evaluación de la fertilidad del suelo, mediante la técnica de microparcelas en Cuautitlán Izcalli, Mex.

Tratamiento	N Nitrogeno	I V E Fósforo	L E S Potasio
1	0	0	0
2	180	0	0
3	0	100	0
4	0	0	100
5	180	100	0
6	180	0	100
7	0	100	100
8	180	100	100

La distribución de los tratamientos en el terreno se hizo con la ayuda de una tabla aleatoria con el objeto de que quedaran completamente al azar.

3.3.- Preparación del terreno.

Esta se realizó, de acuerdo con el proceso convencional que realiza el Centro de Producción Agropecuaria. Primero se le aplicó un paso con arado de discos a una profundidad aproximada de 30 cm con su respectiva cruz. El objeto de esta práctica fue romper la estructura del suelo para mejorar el contacto del mismo con la semilla, permitiendo así un mejor desarrollo y penetración de las raíces de las plantas; así mismo facilitar la aeración del suelo y la captación de humedad, así como exponer las plagas del suelo (larvas y huevecillos) a la acción directa de factores climáticos que les puedan resultar adversos - (exposición al sol y a la lluvia).

Después se le dieron dos pasos con rastra de discos a una profundidad de 20 cm aproximadamente. La finalidad de esta labor fue destruir los terrones que quedaban después de la aradura, mullir la tierra, desmenuzar e incorporar los residuos de cosechas anteriores y cerrar las --bolsas de aire provocadas por los espacios vacíos entre --terrones.

Por último se alizó el terreno con la niveladora -- (Land-plane) a fin de evitar protuberancias ó hundimientos en el terreno, que dificultaran una adecuada distribución del agua y que propiciara la aparición de enfermedades -- fungosas, debidas a probables encharcamientos.

3.4.- Delimitación de las microparcels.

Con el auxilio de una cinta métrica, mechillo y estas cas de madera, se delimitó y midió la superficie total de

cada experimento (105 m²), dejando un espacio entre un experimento y otro de 2 m a fin de evitar una posible contaminación entre los mismos. Después se procedió a cuadricular cada lote obteniéndose parcelas de 1 m²; cabe señalar que de las microparcels formadas con la cuadrícula solo se utilizaron, la mitad en el experimento, ya que, entre ellas se dejó una microparcela en blanco como separación para evitar la posibilidad de contaminaciones nutrimentales, que pudieran alterar los resultados obtenidos en el experimento.

3.5.- Surcado.

Primeramente se acondicionó cada microparcela con pala y azadón, hasta formar una adecuada cama de siembra, con la ayuda de una varilla gruesa, se rayaron cinco surcos por cada microparcela, con una separación de 20 cm entre sí y una profundidad de 10 cm aproximadamente.

3.6.- Fertilización.

Una vez definidas las unidades que se emplearían de cada fuente de variación (180 kg/ha de Nitrógeno; 100 kg/ha de P₂O₅; 100 kg/ha de K₂O) y el fertilizante comercial que suministraría el nutrimento, se realizaron los cálculos pertinentes para determinar la cantidad de fertilizante necesario para cubrir las mencionadas dosis de nutrimentos. En primer lugar se calcularon los kg/ha, extrapolándose después, para determinar la cantidad necesaria para la superficie de cada microparcela (1m²) y finalmente repartir la misma entre los cinco surcos (de cada microparcela); como fuente de Nitrógeno se eligió al sulfato -

de amonio (20.5% N), para proporcionar el fósforo se utilizó el super fosfato de calcio triple (46% P_2O_5) y finalmente para aporte del potasio se recurrió al cloruro de potasio (60% K_2O).

Ya realizados los cálculos arriba mencionados y con ayuda de una balanza granataria se pesó el fertilizante para cada surco, colocándose separadamente en bolsitas de polietileno y engrapándose juntas las cinco bolsitas para cada microparcela; una vez pesado todo el fertilizante necesario para cada experimento, se repartió de acuerdo con la distribución de los tratamientos, dejando sobre cada microparcela el fertilizante correspondiente (según el tratamiento indicado).

Por último se procedió a distribuir el fertilizante a todo lo largo y en el fondo de cada surco, cubriéndolo después con una capa de tierra de aproximadamente 3 cm para evitar el contacto directo del mismo con la semilla.

3.7.-Siembra.

La semilla se remojó en agua tibia 24 horas antes de la siembra, a fin de reducir el tiempo de germinación. Del recipiente donde se colocó la semilla a remojar, se deshechó la parte superior y la inferior, utilizándose únicamente el tercio medio, por ser el más homogéneo en cuanto a la humedad absorbida, buscando con ello mayor uniformidad en la germinación, ya que, por el corto tiempo de permanencia del cultivo en pie, cada día de crecimiento es significativo para el rendimiento.

La siembra se realizó manualmente, colocando la semilla (15 por surco) en hilera a todo lo largo del surco y cubriéndola con la tierra sobrante, hasta dejar homogénea la superficie de las microparcelas.

A los diez días después de la siembra se ralearon -- los surcos dejando únicamente 10 plantas en cada uno (pre sumiblemente los mejores), obteniéndose una población neta de 50 plantas por microparcela.

3.8.- Control de maleza.

El control de maleza se realizó en forma manual, manteniéndose libre de ellas al cultivo durante todo el experimento. Los caminos de las microparcelas, también se mantuvieron libres de maleza pero en forma mecánica utilizando para dicha labor, pala y azadon.

3.9.- Control de plagas.

Este control no fue necesario efectuarlo, ya que de manera preventiva se trató al suelo con Volatón en polvo al 2% para proteger a la planta de las plagas del suelo, así mismo se utilizó semilla certificada para prevenir -- el ataque de hongos. Durante el corto tiempo de permanencia del cultivo, no se presentó ninguna plaga.

3.10.- Cosecha.

La cosecha se realizó a los 40 días después de la -- siembra, cortándose con una hoz a raz de suelo, las 50 -- plantas de cada microparcela y pesandolas inmediatamente

en una báscula de reloj, para obtener el peso fresco (materia verde). Después, del total de las plantas se tomaron al azar cinco que se separaron a su vez en hojas y tallos y se picaron en trozos pequeños con un machete a fin de acelerar la deshidratación, colocando éstas después en --bolsas de papel(separadamente el tallo y las hojas) las --bolsas se marcaron previamente con los datos correspondientes a cada microparcela (tratamiento, fila, número de experimento y contenido).

3.11.- Procesamiento de las muestras.

Las bolsas de papel que contenían el material, se sometieron a secado en una estufa de aire forzado a una temperatura de 65°C aproximadamente durante 48 horas para obtener el peso seco del material para poder evaluar el rendimiento total de cada microparcela.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSION:

Los resultados (promedio de tres repeticiones) del rendimiento de materia verde y seca, producto de los tratamientos utilizados, se presentan en las Figuras 1 y 2 respectivamente.

Dado que el diseño estadístico utilizado fué en bloques al azar con arreglo factorial, el análisis de éste se realizó en términos de los efectos principales y secundarios.

Efectos principales.-

Nitrógeno.

El tratamiento al cual se le aplicó exclusivamente este nutrimento (180-0-0), presentó un incremento en rendimiento de materia seca con respecto al testigo de 4,76% (Cuadro 2), sin embargo esta diferencia no resultó ser estadísticamente significativa según puede deducirse del (Cuadro 3), donde se presenta el análisis de varianza del modelo.

Es importante recalcar que aun cuando la dosis utilizada puede considerarse elevada, la permanencia de las plantas en el terreno fué reducida (30 días) además de que el número de estas (50 por tratamiento) constituye un factor limitativo para el desarrollo adecuado de las mismas, aunque a la vez, estas son las bases que fundamentan la benevolencia de esta técnica, al proporcionar una intensa absorción nutrimental en poca superficie y en cor-

to tiempo.

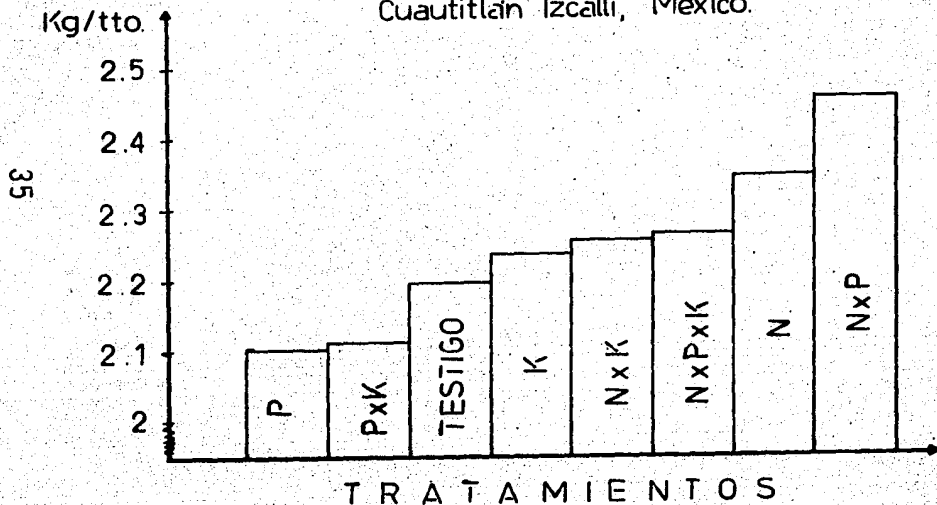
Sin embargo, la diferencia en rendimiento de materia seca con respecto al testigo (aproximadamente 200 kg/ha), puede corroborar de alguna forma lo señalado por autores - como Echegaray (1962) y León (1963) que coinciden en aseverar la insuficiencia de nitrógeno tanto a nivel nacional como mundial.

Si se considera, que no existió diferencia estadística significativa, este aumento pudo deberse a las buenas condiciones de humedad en el suelo y medio en general que prevalecieron a través del experimento, así como a una adecuada mineralización del nitrógeno, a partir de los materiales orgánicos existentes en el suelo según lo detectado en el análisis físicoquímico del mismo, que lo ubican como ligeramente rico (Quadro 4).

Aldrich et al., (1974) señalan que el maíz requiere del nitrógeno durante todo su ciclo, aunque también es de considerarse lo que menciona Nuñez (1986), al referirse - al hecho de que la época de mayor exigencia de dicho elemento por parte de éste cultivo se presenta después del estado de plántula y antes de la época de fecundación --- (25 - 75 días), por lo que se podría decir que en éste -- trabajo, las plantas habían absorbido apenas una tercera parte de lo que finalmente utilizarían para su desarrollo vegetativo y que la diferencia entre éste tratamiento y - el testigo aun estaba por manifestarse en el rendimiento u otros parámetros evaluativos.

Mengel y Kirkby (1978), señalan que es probable la - respuesta al nitrógeno en la mayor parte de los suelos --

Figura 1. Resultados de rendimiento promedio (3 repeticiones) de materia verde de maíz producto de microparcelas en Cuautitlán Izcalli, México.



Quadro 2.- Resultados promedio (3 repeticiones) de materia verde y seca de maíz por microparcela en Cuautitlán Izcalli, México.

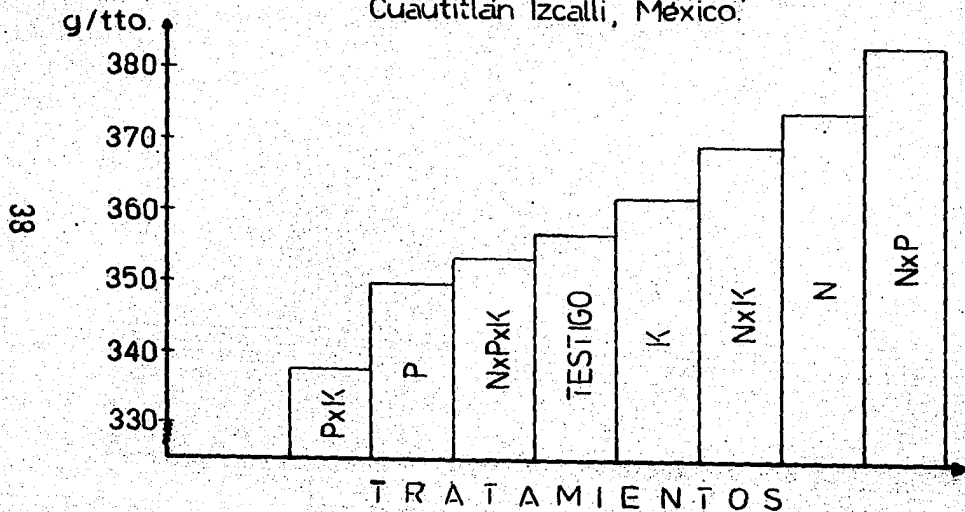
Tratamientos	Peso Verde (gramos)	Porcentaje* %	Peso seco (gramos)	Porcentaje* %
Testigo	2195.83	100.00	356.57	100.00
N x P	2443.75	111.29	383.60	107.58
N	2335.41	106.35	373.57	104.76
N x P x K	2258.33	102.84	353.55	99.15
N x K	2254.16	102.65	369.01	103.48
K	2235.41	101.80	361.53	101.39
P x K	2110.41	96.10	337.59	94.67
P	2102.08	95.73	349.74	98.08

* Con respecto al testigo

Quadro 3.- Resultados del análisis de varianza del rendimiento de materia seca de maíz en microparcelas de campo en Cuautitlán Izcalli, México.

F.V	S.C	G.L	C.M	F ^C	PR F
Modelo	18809.685	10	1880.968	0.61	0.8034 n.s.
Repeti- ciones.	1024.816	3	341.605	0.11	0.9493 n.s.
N	8280.549	1	8280.549	2.67	0.1057 n.s.
P	1963.398	1	1963.398	0.63	0.4281 n.s.
N x P	963.110	1	963.110	0.31	0.5785 n.s.
K	2620.964	1	2620.964	0.85	0.3601 n.s.
N x K	1128.264	1	1128.264	0.36	0.5477 n.s.
P x K	2723.098	1	2723.098	0.88	0.3510 n.s.
N x P x K	105.483	1	105.483	0.03	0.8540 n.s.
Error	263168.358	85	3096.098		
Total	281978.043	95			

Figura 2. Resultados de rendimiento promedio (3 repeticiones) de materia seca de maíz producto de microparcelas en Cuautitlán Izcalli, México.



Quadro 4.- Resultados del análisis físico-químico del suelo correspondiente al sitio experimental.

Variable	Valor obtenido	Clasificación
Tipo de suelo		Vertisol pélico
Textura		Arcilla
pH	6.45	Moderadamente ácido
C.E (1)	0.14	
M.O (2)	2.91	Medianamente rico
N (2)	0.16	Rico
P (3)	22.50	Alto
K (4)	0.95	Alto
Ca (4)	18.46	Alto
Mg (4)	10.15	Alto
Zn (3)	5.00	Adecuado
Fe (3)	20.00	Adecuado
Cu (3)	2.00	Adecuado
Mn (3)	32.00	Adecuado
C.C (0.3 atmosferas)	35.20	
P.M.P (15 atmosferas)	18.03	

(1) mmhos/cm a 25°C

(2) %

(3) ppm

(4) meq/100 gramos de suelo

cuando no existan otros factores de crecimiento, en niveles limitativos, lo cual puede coincidir con las condiciones de este trabajo.

Black (1975), indica que en muchas ocasiones el suelo puede ser capaz de suministrar al cultivo el nitrógeno suficiente para su desarrollo en una edad temprana, debido a los bajos niveles de requerimiento, sin embargo es probable que se presenten deficiencias de este nutrimento en etapas más avanzadas de desarrollo, debido a la incapacidad del primero (suelo) para incrementar la disponibilidad de nitrógeno en forma paulatina a través del ciclo productivo.

La diferencia en rendimiento de materia seca entre los tratamientos que fueron adicionados con nitrógeno y los que no se les aplicó, se puede apreciar en el Cuadro 5 y tratándose de un cultivo de alto rendimiento como es el maíz esto cabría de esperarse según Mengel y Kirkby (1978).

Fósforo.

La aplicación exclusiva de fósforo al suelo, no incrementó el rendimiento de materia verde ni seca del cultivo. Produjo en cambio una disminución del mismo con respecto al testigo (Cuadro 2), aunque sin llegar a ser esta diferencia estadísticamente significativa (Cuadro 3).

Esto puede corroborarse en el Cuadro 5, donde se presentan los rendimientos de materia seca de los tratamientos utilizados en el experimento. Lo anterior podría esperarse si se toma en consideración al alto nivel

Quadro 5.- Rendimiento promedio (3 repeticiones) de materia seca de maíz obtenido a partir de micro--parcelas de campo en Cuautitlán Izcalli, Méx.

Tratamientos factor	nivel	Número de muestras analizadas	Producción de materia seca (kg/ha)
N	0	48	3.51
	180	48	3.70
P	0	48	3.65
	100	48	3.56
K	0	48	3.65
	100	48	3.55
NxP	0-0	24	3.60
	0-100	24	3.45
	180-0	24	3.70
	180-100	24	3.70
NxK	0-0	24	3.55
	0-100	24	3.50
	180-0	24	3.80
	180-100	24	3.60
PxK	0-0	24	3.65
	0-100	24	3.65
	100-0	24	3.65
	100-100	24	3.45
NxPxK	0-0-0	12	3.60
	0-0-100	12	3.60
	0-100-0	12	3.50
NxPxK	0-100-100	12	3.40
	180-0-0	12	3.75
	180-0-100	12	3.70
	180-100-0	12	3.85
	180-100-100	12	3.55

inicial de fósforo -Olsen (22.5. ppm) encontrado en el suelo en base al análisis químico respectivo (Quadro 4).

De alguna manera lo anteriormente mencionado coincide con lo señalado por López (1986), quien al realizar un inventario del estado de fertilidad de los suelos del área agrícola de la F.E.S.-C. mediante la técnica del elemento faltante (Schänkel, 1978), encontró que el rendimiento de materia seca del tratamiento completo al cual se le adicionaron todos los nutrientes probados en su experimento, fue similar e incluso inferior al tratamiento al cual no se le aplicó fósforo.

Por otra parte Cázeres (1988) trabajando con alfalfa bajo condiciones de invernadero y a través de la técnica antes mencionada (del elemento faltante), encontró que más que incrementar el rendimiento, la aplicación de fósforo produjo una disminución en el mismo, en suelos de esta área.

Tisdale y Nelson (1985) señalan también que un suelo rico en fósforo no responde apreciablemente a una cantidad aplicada de este último, sin embargo, cuando se le acompaña de nitrógeno pudiera presentarse un incremento de rendimiento, lo cual se comprobó en el presente trabajo y puede apreciarse en el Quadro 2, aunque dicho incremento en el rendimiento no fue estadísticamente significativo (Quadro 3).

Este aumento es debido entre otras causas a un mayor crecimiento radicular provocado por el nitrógeno ó a la afectación del metabolismo vegetal y la capacidad de las raíces para absorber fósforo (Tisdale y Nelson 1985).

Sin embargo, y de acuerdo con los resultados obtenidos en este trabajo, en función de las dosis utilizadas y el periodo de tiempo que permanecieron las plantas en el terreno, no sería económicamente recomendable la aplicación de fósforo por encima de una cantidad mínima considerada como una fertilización de mantenimiento del "status" de fertilidad del suelo para este nutrimento.

La adición excesiva de fósforo bajo las condiciones de estos suelos, pudiera ser causa de un desbalance nutricional, con resultados contradictorios para la producción vegetal, debido fundamentalmente a que según Mengel y Kirkby (1978) dichos excesos de fosfatos, retardan la absorción y traslocación de algunos micronutrientes como son el zinc, hierro y cobre.

Potasio

En el tratamiento con fertilización de potasio, se presentó un incremento en el rendimiento de materia seca de 1% con respecto al testigo (Cuadro 2) que sin embargo no resultó ser estadísticamente significativo. (Cuadro - 3).

Sin embargo, al analizar el Cuadro 5 es posible deducir que en términos generales la adición de este nutrimento, causó una disminución en el rendimiento.

Por otra parte, esto coincide con el alto nivel inicial de este nutrimento en el suelo (0.95 meq/100g) de acuerdo con el análisis químico del mismo practicado en la muestra correspondiente, así como lo señalado por auto-

res como Nuñez et al., (1980) en el sentido en que en -- nuestro país, los niveles de potasio intercambiable son generalmente elevados.

López (1985), observó que más que presentar síntomas de deficiencia de potasio, los suelos en cuestión se encuentran con niveles posiblemente considerados como excesivos, lo que corrobora lo encontrado en éste trabajo.

Existe sin embargo, la posibilidad de que las plantas absorban potasio del suelo aún a concentraciones superiores a las requeridas, lo que pudiera deberse también a las condiciones de temperatura del mismo, que siendo -- mayores en verano favorecen la absorción de éste nutriente (Tisdale y Nelson, 1985), pero no necesariamente esto se manifiesta en un máximo rendimiento (Nuñez, et al., - 1980), por lo que su adición en forma de fertilizante es técnica y económicamente cuestionable.

Otro trabajo que coincide con lo encontrado en éste es el realizado por Cazarez (1988) quien observó que los mejores tratamientos en cuanto a rendimiento de materia seca fueron aquellos que precisamente no contenían nífosforo (-P), ni potasio (-K) en el suelo correspondiente a esta área, pudiendo deberse lo cual a problemas de comptencia y antagonismo con otros nutrientes tales como el calcio y el magnesio entre otros. (Fassbender, 1975; Gauch, 1972; Mengel y Kirkby, 1978).

Aun cuando en el presente trabajo no se encontró -- respuesta significativa a la fertilización potásica por las causas que ya se mencionaron, esto no le resta importancia al uso de compuestos potásicos como fertilizantes

en suelos deficientes en potasio, ya que cabe señalar, - que en otros experimentos ha quedado probada su efectividad como nutrimento; así lo indica Jones (1979) quien no encontró incrementos en rendimiento en trigo al adicionar nitrógeno bajo ninguna combinación con fósforo cuando no se agregó potasio, en suelos deficientes en los tres nutrimentos señalados.

Interacciones.-

Nitrógeno x Fósforo.

El análisis de varianza (Cuadro 3), para esta interacción no mostró diferencias estadísticamente significativas, aunque en el Cuadro 2 se puede observar que este tratamiento presentó el mayor porcentaje de incremento - en rendimiento de materia seca (7.58%) con respecto al - testigo, lo cual lo ubicó como el mejor tratamiento de - los utilizados en el experimento.

El hecho de que fuese un tratamiento al cual se le aplicaron dos nutrimentos a la vez, corrobora la teoría general acerca del balance nutricional que debe existir en el medio edáfico para permitir un desarrollo vegetal adecuado y que en muchas ocasiones es alterado debido a la masiva aplicación de tratamientos unilaterales de algún nutrimento (Cázarez, 1988).

Miller (1974) señaló que los efectos del nitrógeno en la absorción del fósforo por parte de las plantas ha sido reconocido como un fenómeno significativo en las relaciones suelo-planta desde hace mucho tiempo. Así, entre los autores que cita este último encontramos a Robertson,

et al., y Scarseth, et al., quienes coinciden en señalar que el nitrógeno presentó un efecto positivo en la absorción de fósforo por parte del maíz, cuando el primero se aplicó en banda con el segundo (como se realizó en este experimento) a diferencia de cuando se aplicaron separadamente.

Tisdale y Nelson (1985) aseveran que un íntima asociación del nitrógeno y fósforo en banda es esencial, además de que ésta tiene mayor repercusión cuando se realiza al momento de la siembra.

Lo anteriormente mencionado, enmarca lo que probablemente sucedió en este experimento, en el cual a pesar del elevado nivel de fósforo presente en el suelo al inicio del experimento, se observó una respuesta favorable del cultivo a la aplicación del mismo conjuntamente con el nitrógeno, porque el primero fue balanceado por el nivel aplicado del segundo que fue alto en la fertilización por lo menos durante el corto periodo de tiempo que permaneció el cultivo en el suelo.

Nitrógeno x Potasio.

De acuerdo con el análisis de varianza (Quadro 3), no existió diferencia estadística significativa para este tratamiento, aunque presentó un incremento en el rendimiento de materia seca con respecto al testigo absoluto de 3.48% (Quadro 2). Este rendimiento superó al producido en aquellos tratamientos a los cuales se les aplicó exclusivamente potasio, pero no al que rindieron aquellos a los que se les adicionó únicamente nitrógeno.

Gartner y Heathcole, citados por Mengel y Kirkby --- (1978), señalan que la respuesta de absorción del potasio por parte de los cultivos, depende considerablemente del nivel nutricional del nitrógeno y esto coincide con lo observado en este tratamiento, además de que el nitrógeno - adicionado es utilizado plenamente en la producción vegetal, siempre y cuando el abastecimiento del potasio sea - adecuado, lo que enfatiza el beneficio recíproco de éstos nutrientes en la nutrición vegetal.

Sin embargo, dadas las condiciones particulares de esos suelos en los cuales los niveles de potasio son elevados, según se ha señalado anteriormente, sería recomendable que se realizaran investigaciones con un carácter más amplio y profundo en relación a la conveniencia técnica - y económica de suministrar potasio conjuntamente con nitrógeno con la finalidad de elevar los rendimientos unitarios en esta área.

Fósforo x Potasio.

Además de no presentar diferencia estadística significativa, con respecto a los demás tratamientos del experimento (Cuadro 3), este tratamiento finalmente fue el que presentó en menor rendimiento de materia seca (Cuadro 2), incluso a un nivel inferior al de el testigo absoluto --- (5.33% menos).

Esto pudiera pensarse como un resultado lógico, en función de los elevados niveles iniciales existentes de ambos nutrientes en el suelo objeto de este estudio (Cuadro 4), como ya se mencionó con anterioridad.

Existe además a manera de comprobación, el hecho de que individualmente, la aplicación de estos nutrientes no se tradujo en incrementos significativos de rendimiento de materia seca, por lo que la interacción entre ambos debería comportarse en un sentido semejante e incluso con mejores rendimientos, producto quizá de un mayor desbalance nutricional general en el medio edáfico, según lo señalan autores como Arteaga, (1978) y Nuñez, et al., (1980).

Nitrógeno x Fósforo x Potasio.

En este tratamiento se combinaron los tres factores estudiados, y por el rendimiento obtenido con su aplicación que resultó se menor, incluso que el presentado por el --testigo, (0.85% menos; Quadro 2) se puede corroborar que éste suelo tiene problemas de balance nutrimental, provocado principalmente como se ha venido analizando, por los altos niveles de fósforo y potasio presentes en el mismo.

Este rendimiento resulta lógico, si se considera que el tratamiento que presentó el más bajo rendimiento, fué la interacción fósforo x potasio y aun cuando en éste caso se adicionó además nitrógeno, la dosis aplicado del --mismo se presupone no fue suficiente para balancear la --combinación fósforo-potasio.

Cabe señalar que el bajo rendimiento obtenido puede derivarse de otras causas como son los problemas de antagonismo que pudieran existir con otros nutrimentos no estudiados aquí, como lo señalan Nuñez, et al., (1980) de - que los excesos de potasio reducen la absorción de Calcio, lo cual debe ser estudiado como una seria posibilidad ya que López, (1986) reporta que para éstos suelos el elemen

to más deficiente fue el Calcio.

De manera general, lo que los resultados obtenidos - en éste experimento indican, es que al no encontrarse diferencia significativa entre tratamientos al 1 ni al 5%, éstos son estadísticamente iguales (Quadro 3). A la vez, si consideramos que el testigo es uno de estos tratamientos y que el rendimiento que presentó, no fué superado -- por el mejor tratamiento (N x P) ni siquiera en un 10% (Quadro 2) se deduce que éste suelo presenta un alto nivel de fertilidad, lo cual comprueba lo encontrado en --- otras investigaciones realizadas en éstos mismos suelos, como la de Cázarez (1988) y la de López (1986) quienes -- por separado y utilizando diferentes cultivos y técnica, diagnosticaron una alta fertilidad para los suelos del área agrícola de la F.E.S-C.

Por otra parte se comprueba también la utilidad de - las microparcels de campo como un método de evaluación - preliminar de la fertilidad del suelo, ya anteriormente u tilizado con éxito por Hardy (1966) y Sanchez (1973).

El nutrimento que mejor respuesta individual obtuvo por parte del cultivo fué el nitrógeno ya que, además todos los tratamientos en que estuvo presente tuvieron un - aumento en rendimiento de materia seca con respecto al -- testigo, exceptuando el tratamiento completo (NxPxK), que ya fué anteriormente analizado.

En un principio se propuso considerar otros paráme-- tros además del rendimiento de materia seca para evaluar los tratamientos, como son número de hojas y altura de -- plantas, pero dada la marcada homogeneidad presentada entre los

tratamientos con respecto a los mencionados parámetros no se consideraron finalmente en la evaluación, más sin embargo si se registraron y se muestran en el Apéndice.

V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Conclusiones.-

- 1) No se obtuvo respuesta estadísticamente significativa a la aplicación del nitrógeno, fósforo y/o potasio -- con respecto al tratamiento testigo (sin fertilización).
- 2) Aunque el aumento en rendimiento de materia seca cuando se aplicó nitrógeno, no resultó estadísticamente significativo, sí se observó una respuesta favorable por parte de las plantas a su aplicación individual, comparada con los otros nutrimentos (fósforo y potasio).
- 3) La aplicación de fósforo y potasio a estos suelos resulta detrimental, ya que en lugar de aumentar los -- rendimientos, éstos se vieron disminuidos. La explicación a lo anterior es posible basarla en que cuando -- el fósforo y el potasio ya se encuentran presentes en niveles altos en el suelo y aun así se adicionan éstos, causan desbalances nutricionales produciendo efectos negativos en el rendimiento.
- 4) Por medio de la técnica de microparcels de campo, es posible evaluar de manera preliminar la fertilidad -- del suelo.
- 5) La técnica de las microparcels de campo presenta entre otras ventajas, las de que la evaluación se realiza directamente en el campo, bajo condiciones rea-

les, es económica porque utiliza pequeñas superficies de terreno y la cantidad de insumos comparada con otros experimentos de campo es mínima, además de que se realiza en un periodo de tiempo corto.

- 6) La técnica de las microparcelas de campo como un método biológico, resulta de gran utilidad ya que evalúa la fertilidad del suelo a través de la planta -- misma, considerando además las condiciones ambientales que rodean al cultivo, las labores y manejo del mismo, factores que al interactuar entre sí dan como resultado el rendimiento. La técnica presenta otra ventaja con respecto al resto de los métodos evaluativos dado que es de fácil ejecución y no requiere de ningún equipo especializado de laboratorio. Sin embargo, esta técnica solo puede ser utilizada como un método de evaluación preliminar, ya que hasta el momento y al menos para maíz, no existe un coeficiente de correlación establecido que permita realizar estimaciones sobre el rendimiento de grano a partir de rendimiento de materia verde o seca.
- 7) Al ser la técnica de las microparcelas de campo un método de evaluación preliminar del suelo, es conveniente que sea complementado con otro tipo de estudios como los químicos y los controlados (de invierno), para obtener una evaluación más completa y por lo tanto fidedigna.

Recomendaciones.-

- 1) Realizar nuevas evaluaciones con la técnica de micro parcelas de campo con otras variantes como son, uti lizar otros cultivos que se siembren en la región -- como plantas extractoras para obtener información di recta de la fertilidad del suelo y su comportamiento en relación con el cultivo a establecer; probar dife rentes dosis de fertilización y la respuesta de los cultivos a otros nutrimentos no estudiados en este - trabajo, como son los macronutrientes secundarios e inclusive los micronutrientes.
- 2) Asimismo, resultaría conveniente realizar ensayos con microparcelas de campo en diferentes épocas del año, ya que, las condiciones climáticas varían de una es tación a otra e influyen la respuesta a la ferti lización debido entre otros factores a la humedad - la temperatura del suelo, con lo cual podrían gene-- rarse recomendaciones para los diferentes ciclos de cultivo (primavera - verano ; otoño - invierno).
- 3) Es conveniente que mientras no se obtengan bases fir mes para definir la cantidad y tipo de fertilizantes que deban aplicarse a éstos suelos en particular, se redujeran las aplicaciones de fósforo y potasio a fin de no causar desbalances nutricionales, por exceso - de los mismos en relación al resto de los nutrimentos que finalmente causen efectos negativos a la produc ción, tal y como sucedió en el presente trabajo.

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

- 1.- ALDRICH, D. R. 1973. Plant analysis. Problems and -- opportunities. In L. M. Walsh and J. D. Beaston - (eds.). Soiltesting an plant analysis. sssa Mac-
son Wisconsin pp. 213-221.
- 2.- ALDRICH, R.S. y R. E., Leng. 1974. Producción moder-
na del maíz. Edit. Hemisferio sur. Buenos Aires,
Argentina.
- 3.- ARTEAGA, R. F. 1968. Efecto del potasio y humedad del
suelo sobre el desarrollo y transpiración de plan-
tulas de maíz. Tesis de M.C. Especialista en Eda-
fología. Colegio de postgraduados, Chapingo, Méx.
- 4.- AYRES, G. H. Análisis químico cuantitativo. Edit. --
Haria, México.
- 5.- BLACK, C. A. 1975. Relaciones suelo-planta. Edit. He-
misferio sur. Buenos Aires, Argentina.
- 6.- CAZAREZ G., L. R. 1988. Evaluación del estado nutri-
mental de los alfalfares del Valle de México. Te-
sis de M.C. Especialista en Edafología. Colegio -
de postgraduados. Chapingo, México.
- 7.- DE LA TEJA A., O. 1982. Estudio de las característi-
cas edáficas de los suelos de la F.E.S.-C., UNAM,
México.
- 8.- FASSBENDER, W. H. 1975. Química de suelos, con énfasis
en suelos de América Latina. IICA Turrialba.-
Costa Rica.

- 9.- FORD N, I. 1984. Dinámica mineral en el suelo. Dpto. de suelos. UACH, México.
- 10.- FOTH, H.D., Millar, C.E. Y L.M., Turk. 1971. Fundamentos de la ciencia del suelo. Edit. CECSA, México.
- 11.- GAUCH, H.G. 1972. Inorganic plant nutrition. Dowden, Hutchinson & Ross, Stroudsburg, Philadelphia.
- 12.- HARDY, F. 1970. Edafología tropical. Edit. Herrero - Hnos. México.
- 13.- HOLME R. V. 1944. The importance of soil test as shown the use of corn microplot experiments. In Proceeding of the:1914 meeting of British West Indies sugar technologist. Barbados B.W. I Sugar Asociation (Ind).- pp. 46-58.
- 14.- JACKSON, M. L. 1970. Análisis químico de suelos. Edit. Omega S. A. Barcelona, España.
- 15.- JONES, C. D. y J. A. Lutz Jr. 1974. Effects of fertilization and irrigation on yield and potassium content of alfalfa and on available soil potassium. - Soil Sci. Plant Anal. 5:155-163.
- 16.- LOPEZ, R. y J. López M. 1978. El diagnóstico de suelos y plantas (Métodos de campo y laboratorio). Edit.- Mundí prensa, Madrid, España.
- 17.- LOPEZ S., R. P. 1968. Evaluación de la fertilidad del suelo mediante la producción de materia seca en en

sayos de maceta en el área agrícola de la FES-C.--
Tesis de Licenciatura, Ing. Agrícola, F.E.S-C, UNAM
México.

- 18.- MELSTED, S. W. y T. R. Peck. 1973. Field sampling for soil testing In L. M. Walsh and J. D. Beaton (eds.) Soil testing and plant analysis. SSSA Madison Wisconsin.
- 19.- MENGEL, K. y E. A. Kirkby. 1978. Principles of plant nutrition. Inter potash Inst., Bern Switzerland.
- 20.- NÚÑEZ, E. R. 1986. Apuntes del curso Fertilidad de -- suelos. Colegio de postgraduados, Chapingo, México.
- 21.- NYLE C, B. y Buckman O, H. 1970. Naturaleza y propiedades de los suelos. Edit. Montaner y Simon S.A. - Barcelona, España.
- 22.- ORTIZ V., B. y C. Ortiz S. 1977. Edafología. UACH, - Chapingo, México.
- 23.- SANCHEZ A., L. G. 1973. La microparcela de campo, como un sustituto de la parcela tradicional en los ensayos de fertilización en maíz. Tesis de Licenciatura, Guatemala.
- 24.- STALLING, J. H. 1981. El suelo su uso y mejoramiento. Edit. CECSA. México.
- 25.- TAMHANE M., B. D. 1978. Suelos; su química y fertilidad en zonas tropicales. Edit. Diana, México.

- 26.- TEUSCHER Y ADLER. 1980. El suelo y su fertilidad. ---
Edit. C E C S A . México.
- 27.- TISDALE L., S. y W. L. Nelson. 1970. Fertilidad de --
los suelos y fertilizantes. Edit. Montaner y Simon
S. A. Barcelona, España.
- 28.- TISDALE L., S y W. L. Nelson y J. D. Beaton. 1985. --
Soil fertility and fertilizers. 4th ed. Macmillan
Publish New York.
- 29.- VOLKE H., V. 1984. Resúmenes de Tesis de Maestría y -
Doctorado presentadas en el Centro de Edafología,
Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.

A P E N D I C E

Calendograma de Actividades

Quadro 1A.

Experimento	I	II	III
Preparación del terreno.	10 de sept.	12 de sept.	16 de sept.
Siembra y Fertilización.	11 de sept.	13 de sept.	17 de sept.
Raleo.	21 de sept.	23 de sept.	27 de sept.
1ª Medición.	1 de oct.	3 de oct.	7 de oct.
2ª Medición.	11 de oct.	13 de oct.	17 de oct.
3ª Medición.	21 de oct.	23 de oct.	27 de oct.
Cosecha.	21 de oct.	23 de oct.	27 de oct.

Quadro 2 A Promedio de hojas y altura de planta de maíz del primer experimento de microparcelas para evaluar la fertilidad del suelo en Cuautitlan Izcalli, Mexico.

FILA		D I S T R I B U C I O N															
A los 20 días																	
		1		2		3		4		5		6		7		8	
	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A
I	20.8	6	20.2	6	28.8	6	29.8	6	22.2	6	27.4	6	29.4	6	23.2	6	26.6
II	22.6	6	28.0	6	24.0	6	24.8	6	26.6	6	27.4	6	31.0	6	26.0	6	26.6
III	23.0	6	28.4	6	28.0	6	20.8	6	24.2	6	23.2	6	31.0	6	30.4	6	26.6
IV	24.0	6	26.8	6	25.8	6	27.2	5	26.6	6	26.6	6	28.4	6	26.4	6	26.6
X	27.7	5	28.3	6	26.6	6	25.6	6	24.9	6	27.6	6	29.0	6	26.5	6	26.6
A los 30 días																	
I	49.0	9	60.4	8	62.6	9	62.2	8	49.2	8	57.4	8	59.6	8	50	8	58
II	58.4	8	64.4	8	53.2	8	51.2	8	55.8	8	66.6	8	54	9	59	7	58
III	59	8	57.8	7	59.6	8	57.8	8	52.8	8	40	8	59	8	65.2	8	58
IV	68.2	8	56	7	54.6	8	59.4	8	60.4	8	59	8	71	8	59.2	8	58
X	58.6	9	55.4	8	57.5	8	58.4	8	54.5	8	55.7	8	60.9	8	60.8	8	58
A los 40 días																	
I	79.4	7	88.8	7	83.0	7	87.8	7	71	7	75.4	7	74	7	74	7	77
II	66.8	8	80.6	7	83.0	8	76.4	8	74.8	7	81.8	7	81	7	86.6	7	77
III	78.8	8	83.6	7	91.2	7	92.2	7	78.6	7	79.6	8	75.8	7	90.4	8	77
IV	83.2	7	80.8	8	78	7	75.4	7	66.4	7	76.8	7	87.6	8	79.4	7	77
X	77.0	8	83.4	7	83.8	7	80.4	7	72.7	7	78.4	7	79.6	7	82.6	7	77

Cuadro 3 A Promedio de hojas y altura de planta de maíz del segundo experimento de microparcelas para evaluar la fertilidad del suelo en Cuautitlán Izcalli, México.

FILA		D I S T R I B U C I O N															
A los 20 días																	
		1		2		3		4		5		6		7		8	
		A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H
I		20.2	6.0	29.8	6.0	23.8	6.6	17.8	6.5	22.6	6.6	26.6	6.6	20.8	6.5	27.2	6.6
II		22.2	6.0	27.4	6.0	25.2	6.7	23.8	6.6	24.4	6.6	25.0	6.6	21.4	6.5	18.6	6.6
III		25.2	6.0	27.6	6.0	31.8	6.6	26.6	6.6	21.4	6.6	28.4	6.6	19.0	6.5	29.6	6.6
IV		26.2	6.0	26.8	6.0	23.4	6.6	24.8	6.6	25.0	6.6	26.0	6.6	21.0	6.5	21.0	6.6
X		23.4	6	26.6	6	26.0	6	23.2	6	23.3	6	26.5	6	20.5	5	25.1	6
A los 30 días																	
I		37.2	7	51.2	8	46.4	8	49.6	8	46.0	8	47.8	8	33.2	7	45.0	8
II		43.2	7	41.4	8	41.6	8	40.4	9	39.2	8	43.8	9	44.4	7	34.8	8
III		42.2	8	46.8	8	42.2	7	46.8	8	41.8	7	44.6	7	32.6	7	47.2	8
IV		40.8	8	49.8	8	40.4	7	33.4	7	40.4	8	32.4	7	33.8	8	44.8	8
X		40.8	8	47.3	8	43.6	7	42.5	8	41.8	8	42.1	8	36.0	7	42.9	8
A los 40 días																	
I		75.4	8	87.8	8	81.6	8	86.8	8	79.8	8	75.8	8	75.6	7	84.8	8
II		78.2	8	87.8	8	82.2	8	84.6	7	88.8	8	85.8	8	87.4	8	72.8	8
III		78.4	8	77.2	7	85.2	8	79.4	7	77.0	8	77.6	7	76.8	7	76.8	7
IV		76.2	7	70.2	7	78.0	7	80.2	7	86.4	7	80.4	7	73.0	7	79.0	8
X		77.0	8	80.6	7	81.7	8	77.7	7	73.5	8	74.9	8	78.2	7	78.3	8

Quadro 4. A Promedio de hojas y altura de planta de maíz del tercer experimento de microparcelas para evaluar la fertilidad del suelo en Cuautitlan Izcalli, Mexico.

FILA		D I S T R I B U C I O N															
A los 20 días																	
		A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H	A	H
I	I	24.6	6	21.4	6	26.4	6	26.8	6	28.2	6	24.4	6	20.6	6	26.6	6
II	II	25.4	6	22.2	6	27.6	6	27.4	6	29.2	6	25.2	6	21.4	6	27.6	6
III	III	25.8	6	23.8	6	28.8	6	28.8	6	30.4	6	26.4	6	22.6	6	28.8	6
IV	IV	25.6	6	23.9	6	28.0	6	27.6	6	29.4	6	26.4	6	22.6	6	28.8	6
X	X	26.3	6	23.9	6	27.2	6	27.5	6	27.1	6	26.1	6	25.5	6	26.5	6
A los 30 días																	
I	I	47.6	8	39.0	8	50.4	8	52.0	8	42.6	7	47.6	7	49.0	8	50.4	8
II	II	47.0	8	44.0	8	43.2	8	44.8	8	42.2	8	48.8	8	45.6	8	48.2	8
III	III	53.2	8	49.4	8	53.0	8	46.8	8	45.0	8	48.8	8	45.0	8	46.4	8
IV	IV	47.2	7	52.6	8	43.8	7	49.8	7	51.0	8	48.2	8	47.0	7	46.8	8
X	X	46.7	8	46.2	8	47.6	8	48.3	8	45.2	8	48.1	8	45.9	8	45.4	8
A los 40 días																	
I	I	78.2	7	81.4	7	80.0	7	92.6	7	89.8	7	87.2	7	88.0	8	88.6	7
II	II	81.0	7	84.0	7	100.6	8	79.0	7	86.2	7	83.4	7	80.2	7	80.4	8
III	III	89.0	8	88.0	8	88.0	8	86.4	7	89.8	7	90.4	7	94.4	8	88.8	8
IV	IV	86.2	7	78.6	7	95.4	7	89.4	7	83.8	7	92.4	8	94.0	7	89.2	8
X	X	84.1	7	85.5	7	91.2	8	86.8	7	86.3	7	88.3	7	89.9	8	84.2	8

Quadro 5 A Clases y límites de los parámetros edáficos empleados en el análisis Químico de los suelos del área utilizada.

VARIABLE	C L A S E S							REFERENCIA
	I	II	III	IV	V	VI	VII	
pH ¹	< 5,0	5.1-6.5	6.6-7.3	7.4-8.5	> 8.5			Etchevers, 1971
M.O.(%) ²	< 0.60	0.60-1.20	1.21-1.80	1.81-2.4	2.41-3.00	3.01-4.20	> 4.20	Moreno, 1978.
N (%) ²	< 0.032	0.032-0.063	0.064-0.095	0.096-0.126	0.127-0.158	0.159-0.221	> 0.221	Moreno, 1978
P-Olsen (ppm) ³	< 5	5-15	> 15					Landon, 1984
K (meq/100 g) ³	< 0.25	0.25-0.50	> 0.50					Landon, 1984
Ca (meq/100g) ⁴	< 2	2-5	5-10	> 10				Etchevers, 1971
Mg (meq/100g) ⁴	< 0.5	0.5-1.3	1.3-3.0	> 3.0				Etchevers, 1971
Zn (ppm) ⁵	< 0.5	0.5-1.0	> 1.0					Viets y Lindsay, 1973.
Fe (ppm) ⁵	< 1.5	2.5-4.5	> 4.5					Viets y Lindsay, 1973.
Cu (ppm) ⁵	< 0.15	0.15-0.25	> 0.25					Viets y Lindsay, 1973.
Mn (ppm) ⁵	< 0.8	0.8-1.2	> 1.2					Viets y Lindsay, 1973.

1.- pH I= fuertemente ácido, II= moderadamente ácido III= neutro IV= moderadamente alcalino
 2.- M.O y N I= fuertemente alcalino.
 I= extremadamente pobre, II= pobre, III= medianamente pobre, IV= mediano
 V = medianamente rico, VI Rico, VII= extremadamente rico.

Continua hoja no. 2

hoja no. 2

Continuación Quadro 5 A

3.- P-Olsen y K.	I= bajo	II= mediano	III= alto
4.- Ca y Mg	I= muy bajo	II= bajo	III= intermedio IV= alto
5.- Zn, Fe, Cu, Mn	I= deficiente	II= marginal	III= adecuado

* Fuente: Cázarez (1988)

*