



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"CUAUTITLAN"

EVALUACION DE LA FERTILIDAD DEL SUELO MEDIANTE LA PRODUCCION DE MATERIA SECA EN ENSAYOS DE MACETA, EN EL AREA AGRICOLA DE LA FES - C.

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO AGRICOLA**  
**P R E S E N T A :**  
**ROSALIA PATRICIA LOPEZ SANCHEZ**



## **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.

## INDICE

	Página
I.- INTRODUCCION .....	1
II.- OBJETIVOS E HIPOTESIS .....	3
III.- REVISION DE LITERATURA .....	4
3.1. Antecedentes sobre los estudios de la fertilidad del suelo .....	4
3.2. Historia sobre la investigación de los fertilizantes en México .....	7
3.3. Necesidades nutrimentales de las plantas .....	9
3.3.1. Criterios sobre la esencialidad de los nutri- mentos .....	9
3.3.2. Forma en que obtienen las plantas los nutri- mentos .....	11
3.3.3. Variación del contenido nutrimental durante el desarrollo de la planta .....	11
3.3.4. Fuentes de nutrimentos adicionales para las plantas .....	15
3.3.5. Poder de extracción de los nutrimentos por las plantas .....	17
3.4. Métodos de diagnóstico de la fertilidad .....	20
3.4.1. Definición de la fertilidad del suelo .....	20
3.4.2. Técnicas utilizadas para el diagnóstico de la fertilidad .....	20
3.4.2.1. Método Químico .....	23
3.4.2.2. Método Biológico .....	24
3.4.2.2.1. Técnica de Raymond Chaminade	27
3.4.2.3. Métodos Microbiológicos .....	38
IV.- MATERIALES Y METODOS .....	42
4.1. Materiales .....	43
4.2. Metodología .....	44

4.2.1.	Muestreo de suelo.....	44
4.2.2.	Procesamiento de las muestras.....	45
4.2.3.	Determinación de tratamientos.....	45
4.2.4.	Preparación de las soluciones.....	46
4.2.5.	Siembra.....	47
4.2.6.	Riegos y fertilizaciones nitrogenadas.....	47
4.2.7.	Cosecha.....	48
4.2.8.	Evaluación.....	48
V.-	RESULTADOS Y DISCUSION.....	51
VI.-	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
6.1.	Conclusiones.....	65
6.2.	Recomendaciones.....	66
VII.-	RESUMEN.....	67
	BIBLIOGRAFIA.....	70
	APENDICE.....	73

## INDICE DE FIGURAS

	<b>Página</b>
FIG. No. 1	ABSORCION DE NUTRIMENTOS Y PRODUCCION DE MATERIAL VEGETAL ..... 12
FIG. No. 2	ABSORCION DE N, P, K y PRODUCCION VEGERAL. 14
FIG. No. 3 A	FIGURA No. 7 DIFERENTES TIPOS DE REPRESENTACIONES GRAFICAS, PARA EL ANALISIS DE RESULTADOS ..... 39
FIG. No. 8	GRAFICAS DE RESULTADOS: INDICE DE RENDIMIENTO PARCIAL PROMEDIO CONTRA PRODUCCIONES ACUMULADAS PROMEDIO ..... 60
FIG. No. 9	GRAFICA DE RESULTADOS: INDICE DE RENDIMIENTO ACUMULADO PROMEDIO CONTRA PRODUCCIONES ACUMULADAS PROMEDIO ..... 61
FIG. No. 10	GRAFICA DE RESULTADOS: INDICE DE RENDIMIENTO PARCIAL PROMEDIO CONTRA EL NUMERO DE CORTE ..... 62
FIG. No. 11	GRAFICA DE RESULTADOS: PRODUCCIONES PARCIALES (GRAMOS/MACETA) CONTRA EL NUMERO DE CORTE ..... 63
FIG. No. 12	GRAFICA DE RESULTADOS: INDICE DE RENDIMIENTO ACUMULADO PROMEDIO CONTRA PRODUCCIONES ACUMULADAS PROMEDIO ..... 64
FIG. No. 13	PLANO LOCALIZADOR DE SITIOS DE MUESTREO ..... 80

## INDICE DE CUADROS

	Página
<b>CUADRO No. 1</b> NUTRIMENTOS NECESARIOS PARA CADA TRATAMIENTO.....	50
<b>CUADRO No. 2</b> CANTIDADES TOTALES DE SOLUCION PARA LA FORMULACION DE TRATAMIENTOS ...	50
<b>CUADRO No. 3</b> PRODUCCION DE MATERIA SECA: PORCENTAJES PARCIALES Y ACUMULADOS POR TRATAMIENTO Y CORTE. FESC - UNAM 1986.....	52
<b>CUADRO No. 4</b> PRODUCCION PROMEDIO DE MATERIA SECA DE LAS REPETICIONES: PORCENTAJES PARCIALES Y ACUMULADOS. FESC - UNAM 1986.....	56
<b>CUADRO No. 5</b> ALTURA PROMEDIO POR TRATAMIENTO AL MOMENTO DEL CORTE. FESC - UNAM 1986.....	76
<b>CUADRO No. 6</b> PESO FRESCO DEL FOLLAJE COSECHADO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS. FESC - UNAM 1986.....	78

## I.— INTRODUCCION

La producción de alimentos está basada fundamentalmente en el aprovechamiento integral del factor suelo, por lo que éste ha sido objeto de profundos estudios desde que se tiene conocimiento de su importancia. Los estudios se han encaminado de alguna u otra forma a esclarecer la dinámica que en él se presenta, tratando de propiciar las condiciones más adecuadas para la producción de los cultivos establecidos en ellos.

Dentro de ésta problemática, la fertilidad de los suelos ocupa un lugar preponderante, por lo que muchos investigadores se han enfocado a dilucidar los procesos inherentes a ésta característica edáfica. El conocimiento de la fertilidad de los suelos constituye por sí mismo un diagnóstico del estado nutrimental actual de ellos, sin embargo existen muchas divergencias sobre los procedimientos más indicados para evaluar ésta particular condición.

En contraposición a los análisis químicos de los suelos, que dependen de reactivos químicos para determinar los nutrimentos disponibles para las plantas, los métodos biológicos se sirven de éstas mismas para lograr sus propósitos considerando que de esta forma se obtiene información más veraz acerca de lo que realmente acontece en el sistema de estudio.

En el presente trabajo de investigación, se pretende destacar la conveniencia de utilizar la producción de materia seca del follaje de las plantas cosechadas, para que con ello se logre diagnosticar las probables deficiencias nutritivas del suelo, mediante el ensayo en macetas. Este método tiene el mérito de indicar cuales son los elementos minerales faltantes y cuál es la gravedad de las deficiencias encontradas, a través de la jerarquización correspondientes.



## II.- OBJETIVOS

- 1.- Diagnosticar la fertilidad actual del suelo del área agrícola de la F.E.S. Cuautitlán.
- 2.- Establecer la jerarquía de los nutrimentos en el suelo a partir de la producción de materia seca.
- 3.- Establecer la diferencia entre la fertilidad actual y potencial del suelo del área agrícola de la F.E.S. Cuautitlán.

## HIPOTESIS

- 1.- La técnica de Chaminade o técnica del elemento faltante, permite la jerarquización del nivel de deficiencias nutrimentales.
- 2.- En base a la jerarquización nutrimental es posible elaborar un diagnóstico de la fertilidad actual del suelo del área de estudio.

### III.- REVISION DE LITERATURA

#### 3.1. ANTECEDENTES SOBRE LOS ESTUDIOS DE LA FERTILIDAD DE SUELOS

A través de los tiempos, el hombre aprendió que el suelo llega a producir poco cuando continuamente se le cultiva y gracias a esas observaciones principió por adoptar prácticas agrícolas especiales.

Los escritos más antiguos sobre agricultura fueron hechos por los griegos. Sin embargo se menciona que Mago, escritor de Cartago, compiló 28 volúmenes sobre agricultura que fueron traducidos al griego y luego a latín. (12)

Aristóteles por el año 250 A.C. estableció la teoría del humus. En ella considera que la planta se alimentaba de materiales húmicos los cuales absorbía a través de las raíces. (1)

Jenofante (430-355 A.C.) menciona el enterramiento de plantas para enriquecer el suelo. (1, 12)

Teofrasto (372-287 A.C.) Estableció la clasificación de estiércol, de acuerdo a su calidad la cual dependía del animal que lo producía, (12)

Virgilio (70 - 19 A.C.) Sugirió métodos elementales para la determinación de la densidad aparente y acidez del suelo. (1)

Columela (60 A.C.) escribió un manual de agricultura que sirvió a 15 generaciones. (1)

#### Avances durante los Siglos XVI al XVIII

Pallisy (1583) mencionó, que la sal era absorbida por la planta y retorna al suelo en forma de cenizas. (1)

Van Helmont (1652) dice que las plantas absorben agua y ellas forman su substancia. (1)

J.R. Glauber (1604-1668) señala que el principio de la vegetación según él era la sal de nitro y el agua.

John Woodward (1700) concluye que la tierra era el principio de la vegetación. (12, 19)

Hales (1727) dice que también el aire es de gran importancia para el crecimiento de las plantas.

Jethro Tull (1674-1741) resume los diferentes puntos de vista y dice que las plantas en cierta forma requieren de varios materiales o substancias pero no se sabe cuál de ellas es más importante (agua, tierra, nitro, aire). (12,19)

Chelle (1770) establece que las plantas expelen ácido carbónico.

Joseph Priestley (1775) observó que las plantas purifican el aire. Posteriormente descubrió el oxígeno. (1)

Ingen-Housz (1778) explica la influencia de la luz sobre el metabolismo gaseoso y establece que unicamente bajo condiciones lumínicas es expelido oxígeno. (1,12)

### **Logros durante el siglo XIX**

Teodoro de Saussure (1804) llevó a cabo la aclaración cuantitativa de la fotosíntesis e indica que la planta requiere del ácido carbónico del aire, del agua y también de las partículas de cenizas del suelo para su desarrollo. (1)

Thaer (1809) señala que el humus además de abastecer a las plantas con agua, les proporciona los nutrimentos, y que las sales en el mejor de los casos, actúan como materiales estimulantes. (1)

Berselius (1838) sostiene que el carbono de las plantas proviene del humus y que éste es absorbido por las raíces. (1)

J. B. Boussingault (1834) desarrollo su teoría en la granja de Bechelbronn en Alsacia. Es conocido en muchas naciones como el fundador de la agricultura química, debido a que introdujo la metodología de experimentación precisa con nutrimentos y al mismo tiempo justificó su teoría con numerosos experimentos. (1, 12)

Justus Von Liebig (1840) expuso una nueva teoría basada en resultados de investigaciones químicas hechas en las cenizas de las plantas, donde determinó los constituyentes minerales. Liebig pudo demostrar que los elementos minerales extraídos del suelo por la planta podrían ser restituidos en forma de fertilizantes inorgánicos obtenidos artificialmente y que de esa manera la fertilidad del suelo podía mantenerse a un nivel óptimo y aún incrementarse. (12, 19)

En (1860) el alemán Knop, estudió el crecimiento de las plantas en solución nutritiva, conteniendo varias sustancias ésta fue una gran contribución para el uso racional de los fertilizantes. (12).

### 3.2. HISTORIA SOBRE LA INVESTIGACION DE LOS FERTILIZANTES EN MEXICO

El primer antecedente sobre la enseñanza de la fertilidad en nuestro país de 1893, cuando el Ing. Basilio Romo, eminente egresado de la Escuela Nacional de Agricultura de San Jacinto, se hizo cargo del curso de Química Agrícola, en la misma institución.

En los años veintes se hizo cargo de la enseñanza Física y Química Agrícola, el maestro León Fourton, que además incluía dentro de sus cursos, conocimientos de Manejo y Fertilidad de suelos. En 1931 el Ing. Mariano Villegas, profesor de Departamento de Suelos de la ENA inicia su actividad como ayudante del profesor Fourton, y que a la jubilación de éste, continúa siendo el pilar en la disciplina de Suelos, fundando en 1957 el Departamento de suelos de la ENA.

El 20 de mayo de 1931, se fundó en San Jacinto D.F., el Laboratorio Central de la Dirección General de Agricultura, realizándose ahí los primeros análisis químicos de suelos con fines de diagnóstico de su fertilidad y adaptación al uso agrícola.

Hasta 1924 funciona en San Jacinto D.F., el llamado campo agrícola experimental central. El primer campo agrícola experimental se estableció en Pabellón Aguascalientes; posteriormente se fundó en campo agrícola experimental de Don Martín N.L. En 1947 con la creación de la Oficina de Estudios Especiales dependiente de la Secretaría de Agricultura y Ganadería, se generalizó en México la experimentación de campo sobre fertilización de cultivos.

El primer estudio sobre la respuesta de los cultivos a los fertilizantes en México, es probablemente el conducido por Colwell (1947). Consistió en 23 experimentos de campo conducidos en 1945 en los Estados de Puebla, Tlaxcala, México, Morelos, Querétaro, Guanajuato y Jalisco. En él se ensayaron dosis de N,P y K con maíz de temporal y se obtuvieron recomendaciones que siguen siendo válidas en la actualidad. (10).

### 3.2. NECESIDADES NUTRIMENTALES DE LAS PLANTAS

#### 3.3.1 CRITERIOS DE ESENCIALIDAD DE LOS ELEMENTOS

Las plantas, como los animales y los seres humanos requieren alimentos para su crecimiento y desarrollo.

Las plantas contienen pequeñas cantidades de 90 o más elementos de los cuales 16 se consideran esenciales para el desarrollo y reproducción de las plantas superiores. (11)

La sustancia vegetal está compuesta principalmente por el Carbono, Oxígeno e Hidrógeno, los cuales no son elementos minerales y provienen del agua y del aire.

El nitrógeno, Fósforo y Potasio son considerados como macroelementos o macronutrientes. El Calcio, Magnesio y Azufre son denominados elementos secundarios y el Hierro, Molibdeno, Manganeso, Zinc, Cloro, Cobre y Boro constituyen los micronutrientes. (12)

Los vegetales absorben elementos minerales de las proximidades de las raíces de una forma indiscriminada, pero la presencia en una planta de algún elemento sea esencial para su desarrollo. Arnon ha establecido los siguientes puntos a éste respecto; (11)

- 1.— Una deficiencia del elemento hace imposible para la planta completar el estado vegetativo o reproductivo de su vida.
- 2.— Los síntomas de deficiencia del elemento en cuestión pueden ser prevenidos o corregidos solamente mediante el suministro del elemento.

- 3.- El elemento está directamente involucrado en la nutrición de la planta, aparte de su posible efecto corrigiendo alguna condición microbiológica o química en el suelo o medio de cultivo. (19, 12, 1)

Además de que existen elementos esenciales, hay otros llamados funcionales; los cuales son benéficos, debido a que pueden ser más eficientes en una función en particular en comparación con otro elemento que puede ser esencial para otras razones, o bien pueden servir de estimulantes para la producción de alguna sustancia dentro de la planta etc.

Para el crecimiento y desarrollo de las plantas los nutrimentos deben satisfacer las siguientes condiciones: (11, 12)

- 1.- Deben estar en concentraciones óptimas para el desarrollo de las plantas.
- 2.- El nutrimento debe de estar en forma aprovechable para las mismas.
- 3.- Debe de existir un balance adecuado entre la concentración de los diferentes nutrimentos solubles en el suelo. (11, 12)



### 3.3.2. FORMA EN QUE OBTIENEN LAS PLANTAS LOS NUTRI- MENTOS

Las cuatro diferentes formas en las cuales las plantas obtienen los nutrientes son:

- 1.- A través de la solución del suelo.
- 2.- De los iones intercambiables de la arcilla y la fracción húmica (complejo coloidal).
- 3.- De los minerales fácilmente alterables.
- 4.- A través de las hojas. (11)

Las plantas de cultivo se nutren de la absorción de los nutrientes del suelo por medio de las raíces. El Carbono es obtenido principalmente del  $\text{CO}_2$  a través de los estomas de las hojas. El agua también es absorbida por los estomas pero en cantidades muy reducidas comparadas con la cantidad absorbida por las raíces. Los nutrientes al igual que el agua, son absorbidos por medio de los estomas y la cutícula de la hoja, además del tallo, no importando si se trata de una planta leñosa o herbácea. (11)

### 3.3.3. VARIACION DEL CONTENIDO NUTRIMENTAL DURANTE EL DESARROLLO DE LA PLANTA

Aún cuando el suelo pone a disposición de las plantas suficientes nutrientes, la magnitud con que transcurre la absorción varía de acuerdo con el tipo y la edad del organismo vegetal. Así mientras que en las plantas anuales se observa una absorción continúa, con claras cúspides de mayor requerimiento, en las plantas perennes se observan notorias interrepciones en la época de reposo.

La absorción de nutrientes durante el período de crecimiento es determinado ampliamente por la formación de materia seca. En general puede decirse que la absorción de nutrientes precede a la síntesis de material vegetal. Como se puede observar en la fig. No. 1

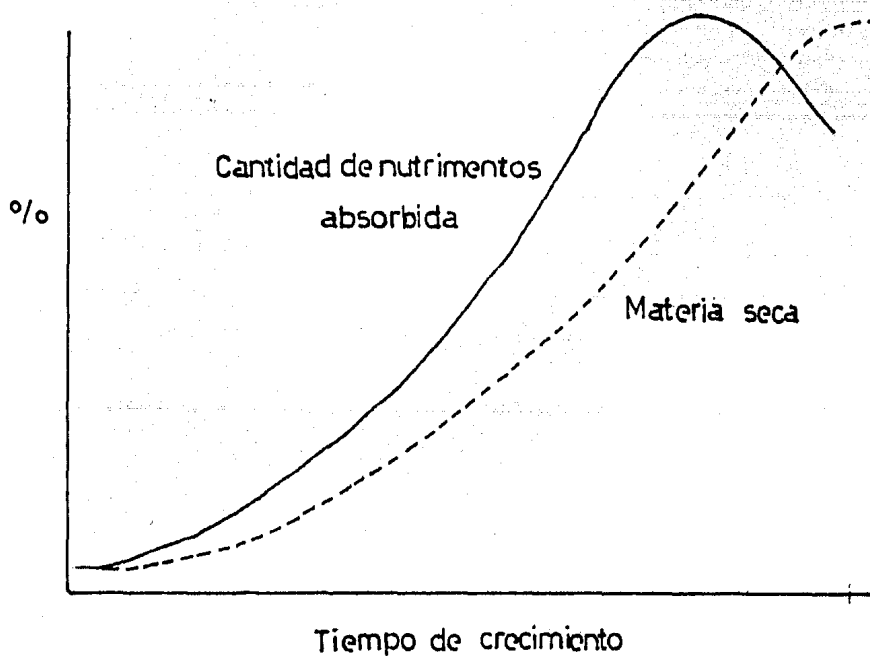


Fig. No. 1 Absorción de nutrientes y producción de material vegetal (1)

La absorción para cada uno de los nutrimentos es diferente, y ésta no transcurre paralela a la curva de formación de material vegetal, puesto que los diferentes nutrimentos son requeridos de acuerdo a sus funciones fisiológicas en forma integral pero también diferencial en los diversos estadios de crecimiento. Como regla general se observa que la cantidad de nutrimentos en la planta aumenta continuamente con el transcurso del tiempo, a excepción de pérdidas que pueden presentarse al final del período de crecimiento.

(1)

A continuación se mencionan las diferentes etapas de crecimiento y sus requerimientos:

**Germinación:** En el estadio de germinación, la semilla satisface sus necesidades fisiológicas mediante la absorción de agua. En ésta etapa todavía no se presentan requerimientos de minerales, puesto que en la semilla se encuentran éstos almacenados como minerales de reserva.

**Crecimiento inicial:** En la fase de iniciación de crecimiento, la planta requiere de una intensa absorción de nutrimentos, por lo que se observa un fuerte aumento en la cantidad y concentración de nutrimentos en las plantas.

**Epoca de crecimiento intenso o fase logarítmica:** En ésta fase de crecimiento se observa una mayor absorción de nutrimentos intensa, presentándose épocas de mayor requerimiento (cúspides) generalmente durante el tiempo en que la planta realiza un intenso trabajo, que con frecuencia corresponde a la producción de gran cantidad de masa foliar. Aunque esto varía según el nutrimento. Las diferentes épocas y sus requerimientos se muestran en la (figura No. 2)

**Fase Final de Crecimiento:** En esta fase se observa el abatimiento de la absorción de nutrimentos.

**Etapas en las que son más requeridos el N, P y K:**

**Nitrógeno;** la absorción se lleva a cabo preferentemente cuando es formada la proteína plasmática.

**Fósforo;** el primer ápice de requerimiento se presenta al principio durante la formación de las raíces, el segundo gran vértice de requerimiento de fósforo se observa al iniciarse la fase reproductiva.

**Potasio;** éste es absorbido de preferencia cuando la síntesis de carbohidratos es intensa durante la fase vegetativa así como para la producción de masa foliar y finalmente en la fase reproductiva durante la época de almacenamiento de sustancia (materia seca). (1)

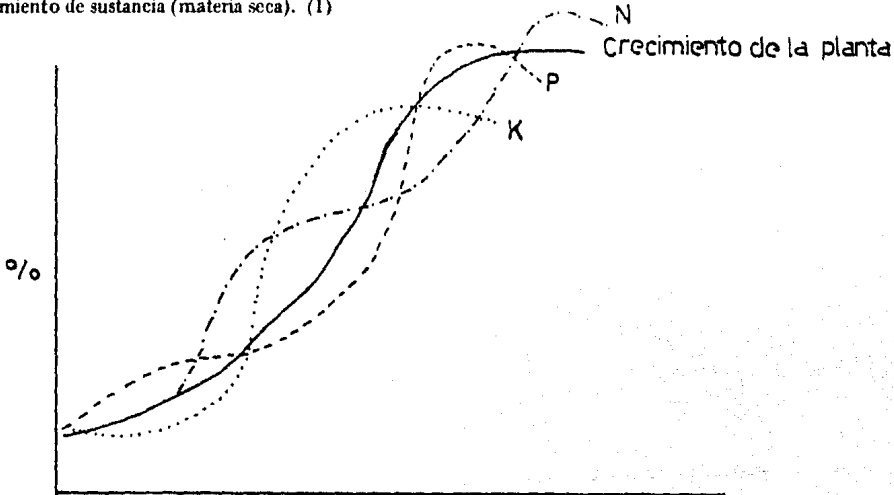


Fig. No. 2 Absorción de N, P, K y producción vegetal (1)

### 3.3.4. FUENTE DE NUTRIMENTOS ADICIONALES PARA LAS PLANTAS

Además de los nutrimentos que existen en el suelo en forma natural, es necesario suministrar cantidades adicionales de éstos, con el fin de enriquecer el suelo y de ésta forma obtener mayores rendimientos de las plantas cultivables. A continuación se mencionan algunas de las fuentes nutrimentales para las plantas,

- 1) Fertilizantes comerciales orgánicos e inorgánicos;  
Fertilizantes inorgánicos; éste tipo de fertilizantes son aprovechables inmediatamente. Ejemplo; sulfato de amonio, nitrato de amonio, superfosfato de amonio, cloruro de potasio etc.

Fertilizantes orgánicos; éstos son aprovechados gradualmente. Ejemplo; urea, cianamida de calcio etc., pueden prepararse sintéticamente. (11, 18)

- 2) Abonos orgánicos voluminosos o concentrados:  
Pueden mencionarse; estiércol de cuadra o establo, heces fecales sólidas o líquidas, compostas, tortas de oleaginosas, sangre seca y molida etc. Estos productos suministran materia orgánica en determinadas cantidades y nutrimentos a las plantas en pequeñas cantidades.
- 3) Abonos verdes; estos cultivos agregan materia orgánica y nutrimentos. No solo se pueden utilizar las leguminosas como abono, sino que cualquier tipo de planta puede servir para éste fin. (11)

- 4) **Mejoradores del suelo:** Se usan en primer término para corregir condiciones desfavorables del suelo como acidez o alcalinidad y falta de estructura. Entre éstas la caliza molida corrige la acidez y suministra calcio aprovechables; igualmente, el yeso ( $\text{Ca. SO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) es utilizado para corregir la alcalinidad y además proporciona Ca y S aprovechable. (11)

### 3.3.5. PODER DE EXTRACCION DE LAS PLANTAS

La capacidad de intercambio de las raíces de las plantas dicotiledóneas es mayor que las plantas monocotiledóneas. La magnitud de la capacidad de intercambio afecta la absorción de los cationes, aquellas con una capacidad alta, absorben relativamente más cationes divalentes tales como el calcio, y menos cationes monovalentes como el potasio. En contraste las plantas con una baja capacidad de intercambio absorben menos cationes divalentes y más cationes monovalentes. Esto puede ayudar a explicar la mayor absorción de potasio por el pasto en una mezcla con alfalfa.

Las raíces de las plantas que poseen una alta capacidad de intercambio podrían utilizar fosfatos de calcio con mayor eficacia.

Así mismo las raíces varían en la producción de bióxido de carbono. El bióxido en la superficie de las raíces se combina con el agua para la formación de ácido carbónico, que tiene efecto solubilizante sobre los fosfatos de calcio. Las plantas que tienen grandes requerimientos de calcio, absorben calcio junto con el fósforo, y entonces entra con la solución del fósforo adicional. Si el calcio se acumula en la solución del suelo; la solubilidad del fosfato de calcio disminuye a causa del efecto iónico común. (19).

Las raíces tiene cierta capacidad (actividad radicular) de apoderarse de los nutrimentos que se encuentran en sus cercanías. Dentro de sus propiedades también puede mencionarse su capacidad de adaptación a condiciones reductoras en los estratos profundos del suelo.

Entre más habilitada esté una planta para conducir aire de la superficie del suelo a través de la raíz, hasta las raíces metabólicamente activas, mayor es su capacidad para absorber nutrimentos, y tanto más profundo puede penetrar en el suelo.

Según Jenny y Overstreet citados por Alcalde (1973) los cationes intercambiables del suelo son absorbidos mediante un intercambio directo con los cationes absorbidos en la raíz (intercambio de contacto) (1).

El intercambio de contacto significa que; los cationes de la solución interna del coloide son intercambiados por cationes de la solución interna de la raíz. Este paso del coloide del suelo a la superficie de la raíz no constituye todavía una absorción verdadera.

Cuando el cation se encuentra en el campo de fuerza de la superficie radicular, pero en su difusión hacia el citoplasma se encuentra obstruido por la pared celular. Únicamente entonces cuando el catión alcance nuevamente, a través de un intercambio de solución expuesta a un campo de fuerza menos intenso, es capaz de recorrer grandes distancias por difusión, o sea de los límites superficiales pared celular-suelo hasta linderos de superficie pared celular-citoplasma. Teóricamente es posible también una difusión por contacto, o sea el salto de un catión de una posición de ligadura hacia otra posición, en la que cada vez es intercambiado un catión diferente. Este tipo de movimiento solo es posible cuando los sitios de unión (aniones indifusibles), se encuentran muy cercanos unos a otros.



Esta difusión por intercambio a lo largo de una superficie cargada negativamente podría explicar únicamente el transporte de cationes, los aniones tendrían entonces que moverse a lo largo de una superficie cargada positivamente o a través de la difusión en los espacios huecos, que no están sujetos a ningún campo de fuerza.

Con respecto a superficies cargadas positivamente no existen referencias. Por lo que probablemente sólo una pequeña parte de los poros y cavidades en las paredes celulares están expuestas a los campos de fuerza de las superficies cargadas (1).

### 3.4. METODOS DE DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD

#### 3.4.1. CONCEPTOS DE FERTILIDAD

Debido a que existen discrepancias entre un autor y otro acerca de la definición de la fertilidad, a continuación se mencionan tres diferentes conceptos:

**Fertilidad del suelo:** es la condición en la que se encuentra el suelo con respecto a la cantidad y aprovechabilidad de los elementos nutrientes necesarios para el óptimo desarrollo de las plantas. (11)

**Fertilidad;** es la capacidad del suelo para abastecer a las plantas de Nitrógeno, Fósforo, Potasio y micronutrientes. (3)

**Suelo Fértil;** es el que contiene cantidades suficientes y balanceadas de todos los nutrientes que en la planta obtiene de la fracción mineral y orgánica. (12)

#### 3.4.2. TECNICAS EMPLEADAS PARA EL DIAGNOSTICO DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS

Las técnicas de diagnóstico incluyendo la identificación de los síntomas de deficiencias mediante las pruebas de los suelos y de las plantas ayudan a determinar el momento que es necesario un abonado.

La elección de las proporciones adecuadas de los nutrientes para las plantas depende del conocimiento que se tenga de los requerimientos en nutrientes del suelo en el cuál deba crecer el cultivo.

Cuando un suelo no proporciona las cantidades adecuadas de nutrimentos necesarios para el desarrollo normal de las plantas, es imprescindible que las cantidades requeridas sean suministradas. Ello implica que se encuentre un método que permita identificar éstos elementos deficientes.

El problema de la predicción de las necesidades de nutrimentos para las plantas ha sido estudiado durante muchos años. En 1813 Sir Humphrey afirmó que si un suelo es improductivo, la causa de su esterilidad puede ser determinada mediante un análisis químico. Esto no resulta del todo cierto, pero se han hecho muchos trabajos acerca de análisis químicos del suelo y otras técnicas y se ha puesto en evidencia un incremento gradual en los métodos para determinar el grado de fertilidad del suelo. (19)

En contraposición a los análisis químicos del suelo que dependen de reactivos químicos para determinar los nutrimentos disponibles para las plantas, los métodos biológicos se sirven de las plantas como agentes extractivos para lograr los mismos propósitos. En general las pruebas biológicas del suelo son de dos tipos; 1) las que utilizan plantas superiores y 2) las que utilizan plantas inferiores como bacterias y hongos. (19)

Diversas técnicas que se emplean comúnmente dan una indicación del grado de fertilidad actual del suelo; (19)

- 1.- Síntomas de deficiencia nutritivas en las plantas (Diagnóstico visual)
- 2.- Análisis de los tejidos de las plantas que crecen en el suelo. (Análisis foliar)

**3.- Pruebas biológicas en las cuales el crecimiento de las plantas superiores o de ciertos microorganismos se utilizan como una medida de la fertilidad del suelo.**

**4.- Análisis químicos del suelo.**

### 3.4.2.1. METODO QUIMICO

El método químico no es más que una prueba del suelo para determinar el poder de suministro de nutrimentos del suelo. Una prueba del suelo mide, una parte de la reserva total del nutrimento del suelo. Los valores son poco utilizados por sí mismos. Para emplearlo como una medida en la predicción de las necesidades de nutrimentos de los cultivos, el método debe ser calibrado comparándolo con los experimentos de cantidades de nutrimentos en el campo y el invernadero.

Objetivos de las pruebas de los suelos:

La información obtenida a partir de las pruebas químicas es usada en diversos modos; (19)

- 1.-- Para evaluar el estado de fertilidad de un campo determinado.
- 2.-- Para predecir las probabilidades de obtener una respuesta aprovechable a la adición de cal y fertilizantes.
- 3.-- Proporciona una base a las recomendaciones sobre las cantidades de abono y de fertilizante que se han de aplicar. (19)
- 4.-- Para evaluar el estado de fertilidad de suelos de un país; de un área o una base amplia estatal mediante el empleo de resúmenes de pruebas del suelo. (19)

### 3.4.2.2. METODO BIOLOGICO

El empleo del crecimiento de las plantas tiene mucha importancia en el estudio de los requerimientos de fertilizantes y se ha dedicado una gran atención a éste método para medir el estado de fertilidad de los suelos.

A continuación se mencionan algunas de las técnicas existentes para el diagnóstico de la fertilidad:

1.— **Las Pruebas de los Campos;** el método de la parcela de terreno es uno de los métodos más antiguos y mejor conocido. Las series de tratamientos seleccionados dependen del punto concreto sobre el que el experimentador desea obtener una respuesta. Entonces los tratamientos son asignados al azar a un área de un campo, conocido como replicación, que es representativo de las condiciones. Muchas de ésta replicaciones son usadas para obtener resultados más dignos de confianza y para explicar las variaciones en el suelo y el método.

**Las pruebas en las parcelas de los agricultores;** las parcelas son tratadas con fertilizantes por extensión industrialmente hablando, y también por los agricultores para probar las recomendaciones basadas en las pruebas de los suelos y de las plantas. Aunque los resultados de éstas pruebas deben de ser interpretados con precaución a causa de una sola replicacion. (19)

2.— **Las Pruebas de Laboratorio e Invernadero;** se han desarrollado técnicas biológicas más simples y más rápidas que se aplican a las plantas superiores pero usan pequeñas cantidades de suelo.

**Cultivos en Recipientes de Mitscherlich:** en éste método la avena (*Avena sativa*) se hace crecer hasta la madurez en recipientes que contienen 6 libras (2, 71 kg) de suelo. Las producciones de los tratamientos N-P y N-K se expresan como un porcentaje de la producción del tratamiento completo N-P-K. Los resultados obtenidos se pueden leer en libras/acre en tablas de producciones preparadas por Mitscherlich. (19)

**Cultivos de Lechugas en Recipientes:** Jenny en California desarrolló una modificación a la técnica de Mitscherlich, para determinar el suministro de N,P,K,S y Ca en suelos, en los cuales se hacía crecer lechuga romana. Las plantas eran cosechadas al cabo de 6 semanas. Los valores de los porcentajes de producción son el criterio para apreciar el efecto del tratamiento y se distribuyen en tres categorías; 1) deficiencias definidas, 2) deficiencias probables, 3) deficiencias inseguras. (19)

**Método de las Semillas de Neubauer;** en éste método se mezclan 100 g de suelo con 50 g de granos de cuarzo y se colocan en un disco de 11 cm de diámetro y 7 cm de profundidad. Se hace crecer 100 semillas de centeno en los cultivos durante 17 días, se cortan y se analizan para el P y el K. Se supone que solamente de un 20 - 33% de P y de K totales disponibles en el campo es soluble en las raíces mediante éste método. Se han elaborado tablas que dan los valores mínimos para las producciones satisfactorias de diversos cultivos.

**Técnicas de Cultivo de Girasol en Recipientes para Boro;** Esta técnica se basa en una fuerte extracción de Boro en una pequeña cantidad de suelo mediante el crecimiento masivo de las plantas.

Se han usado muchas modificaciones. En el método de Collwell se coloca una libra (0.453 kg) de suelo en un recipiente que ha sido barnizado. Entonces el suelo recibe una solución completa en nutrientes excepto el Boro, y se plantan 5 semillas de girasol. El criterio seguido para apreciar la deficiencia de Boro es el número de días necesarios para que las primeras cinco plantas presenten síntomas. (19)



### 3.4.2.2.1 TECNICA DE RAYMOND CHAMINADE

#### MATERIAL Y METODO

Tamaño de maceta (14): Chaminade citado por Schenkel concede gran atención al fácil manejo de las macetas, razón por la cual prefiere recipientes menores. Usa macetas de polietileno de 9 x 9 x 13.

Araos (1967) emplea en un trabajo macetas de cartón forradas con polietileno, de forma cónica de 15 cm de altura y 9 cm de diámetro.

Mitscherlich citado por Schenkel (1971); usa macetas cilíndricas, pero esmaltadas, de 20 cm de alto por 20 de diámetro.

Se ha llegado a la conclusión que el tamaño de las macetas no altera los resultados cuando los rendimientos se aprecian por valores relativos como ocurre en éste experimento. Por tales motivos se utilizaron macetas cilíndricas de metal forradas con polietileno de 17 cm de alto y 20 cm de diámetro.

I.— Suelos utilizados (14): Según Chaminade puede utilizarse cualquier tipo de suelo no importando el grupo pedológico al que pertenezcan.

II.— Nutrientes agregados al suelo: Cada ensayo constó de dos repeticiones y seis tratamientos.

Los 6 tratamientos incluidos corresponden a;

- 1.— Abonadura completa: N,P,K,Ca,Mg,S,S,Mn,Zn,Cu,Mo y B.
- 2.— Abonadura completa menos P
- 3.— Abonadura completa menos K
- 4.— Abonadura completa Menos Ca
- 5.— Abonadura completa menos Mg
- 6.— Abonadura completa menos S

Los nutrientes se agregan al suelo en forma de soluciones, preparadas a partir de reactivos químicos y agua destilada. La concentración de las sales, portadoras de los elementos fueron los siguientes:

REACTIVO	CANTIDAD
1.- $\text{Na H}_2\text{PO}_4$	95.15 g/lit
2.- $\text{K HCO}_3$	106.35 "
3.- $\text{Ca (Na}_2)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	73.75 "
4.- $\text{Mg Cl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	25.37 "
5.- $\text{Na SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	5.0 "
6.- $\text{Mn SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0.9 "
7.- $\text{Zn SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.0445 "
8.- $\text{Cu SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.625 "
9.- $\text{H}_3\text{BO}_3$	0.40 "
10.- $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.0032 "

Se considero un único tratamiento para el conjunto de todos los micronutrientes. El aporte de Nitrógeno se hizo fraccionado a través de todo el período vegetativo. La primera aplicación se realizó a los quince días del comienzo de la germinación. Esta se aplica en la forma de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  175 mg N/maceta.

Después de la primera aplicación mencionada se agrega quincenalmente 20 ml de solución de  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  que contiene 17.15 g de sal/lit, usando para ello agua destilada.

III.-Preparación del suelo (14): Las muestras se tomarán en el terreno, con una humedad adecuada para permitir su tamizado por un cedazo de 4 mm. En éste estado se pasa a las macetas plásticas de forma cilíndrica de 6 pulgadas de diámetro por 6 pulgadas de alto. Las diferentes incorpora-

ciones de nutrimentos al suelo se hacen mediante pipetas, a partir de las soluciones antes mencionadas tomando la precaución de distribuirlo, tan homogéneamente como fuera posible.

IV.—Siembra: Como planta indicadora se utiliza pasto ballico *Lolium perenne*, en cada maceta se agrega 1.0 g de semilla. Para la siembra se procede del siguiente modo; el suelo contenido en la maceta se compacta ligeramente, cuidando que su superficie no quede a más de 5 cm del borde superior, de éste modo se logran los 5 cm como altura de corte, cuando éste se practique al borde superior de la maceta.

Sobre la superficie compactada y horizontal se depositan las semillas de ballico, de manera uniforme, enseguida se recubren con una capa adicional de 5 mm de espesor del mismo suelo.

Durante el período de germinación se riega dos veces al día una vez en la mañana y otra en la tarde.

V.—Riegos: Para asegurar una buena uniformidad del aporte del agua se riega a peso constante, equivalente a capacidad de campo de los suelos. El riego se realizará una vez al día.

VI.—Cosecha; el primer corte se hace a los 36 días de la siembra, éstos se realizan con tijeras, a la altura del borde superior de la maceta. Los siguientes cortes se realizarán entre los 25 y 30 días. El material cortado se deposita en bolsas de papel, y se seca en horno de ventilación forzada, por 24 a 36 horas de 65°C.

El peso del ballico así obtenido se considera el rendimiento de materia seca.

Esta técnica está comprendida dentro de los métodos biológicos que utilizan plantas superiores para la evaluación de la fertilidad de los suelos.

Cualquier programa de exploración de las deficiencias nutrimentales, pretende conocer las reservas que existen en el suelo, con el objeto de destacar él o los nutrimentos que limitan la producción, y poder corregir éstas carencias mediante una fertilización adecuada.

Los ensayos en macetas se introdujeron en forma definitiva a la investigación agrícola, hace más de un siglo. El ensayo en macetas se convirtió en una excelente técnica para estudiar la fórmula de fertilización, ésto es establecer cuáles elementos faltan al respectivo suelo sin especificar las cantidades requeridas.

La técnica de Chaminade o técnica del elemento faltante permite estimar la fertilidad actual de los suelos y conocer la fórmula de fertilización de abundancia de corrección. Además de que establece la jerarquía de las deficiencias nutritivas a partir de la producción de materia seca en ensayos de macetas. De éste modo es posible prever el comportamiento del suelo cuando se modifica la fertilidad actual, indicando anticipadamente cuáles carencias aparecerán después de subsanar la más grave.

Para el estudio de la fertilización Richard y Raymond Chaminade citados por Schenkel distinguen dos etapas diferentes:

**a) Adaptar la fertilización al suelo**

**b) Adaptar la fertilización a las plantas que se cultivan.**

En la primera etapa: la planta no solo actúa como indicadora y tiene la finalidad de definir zonas homogéneas en cuanto a sus problemas de fertilización. La segunda etapa son las necesidades de la planta las que se estudian para definir la fertilización.

#### Fertilidad Actual y Potencial

La capacidad de producción de un suelo es modificable por variación de uno o más factores de crecimiento. La incidencia de uno o más factores de crecimiento. La incidencia de éstos factores sobre la fertilidad determina distintos niveles de ésta.

Chaminade distingue la fertilidad actual de la potencial. La primera se evalúa por las cosechas que dá el suelo en su estado actual, mientras que la segunda corresponde a la producción obtenida cuando los factores modificables por la acción del hombre se llevan al óptimo.

Bouyer citado por Schenkel modifica éstas definiciones e indica que pueden ser medidas respectivamente por el rendimiento en las condiciones de explotación actual y por el rendimiento que es susceptible de obtenerse en las mejores condiciones posibles de explotación. Esta definición no es muy válida debido a que sería simplificar en extremo el problema si se piensa que el empleo de abonos resolverá todo.

La noción de fertilidad potencial puede ser considerada como una característica propia del suelo e independiente de las plantas que ahí se cultivan.

Su evaluación, asociada a una intensificación de la agricultura, aparece como uno de los resultados de la fertilización.

La fertilización actual no permite por sí misma conocer la fertilidad potencial de un determinado suelo o viceversa. Por tanto se impone la experimentación como necesidad ineludible, a objeto de adaptarse a cada suelo en particular. (15)

### Jerarquía e Intensidad de las Deficiencias

El diagnóstico preliminar de deficiencias, por método sustractivo de las macetas, permite precisar los elementos que deben de ser objeto de ensayos en campo.

Por ésta razón presenta gran economía de esfuerzo y tiempo.

#### 1) Detección de las deficiencias.

En la técnica de Chaminade se reconoció desde el comienzo la importancia que debe atribuirse a la caída de rendimiento y que corresponde a una carencia de nutrimento. Para numerosos tipos de suelos se obtienen informaciones de gran valor y concordantes con la realidad cuando se interpretan los índices de rendimiento.

La gran cantidad de semilla concentrada en una pequeña maceta provoca una intensificación de la manifestación de deficiencia. La interpretación de la manifestación de deficiencia. La interpretación del ensayo en macetas no presenta problemas por lo que concierne al fósforo, magnesio y calcio, por que existe una buena concordancia con los ensayos de campo. Varios investigadores comprueban que para los suelos de secano los diagnósticos en macetas con ballico (*Lolium perenne*) son muy coincidentes con los resultados en campo en particular para P, K, Ca y Mg en suelos ferralíticos

y en cualquiera que sea el grupo pedológico al que pertenezcan.

Para el K, existen ciertas discrepancias entre ensayos (en campo y en macetas), especialmente con suelos hidromórficos, por que en la técnica misma pierde su condición de hidromórfico. Además Ngo Chang Bang y otros atribuyen importancia a la velocidad de liberación del potasio en el suelo, la cual sería insuficiente para el cultivo muy intensivo tal como es realizado en las macetas.

Velly citado por Schenkel por el contrario, cree que ésta diferente respuesta se debe a un rápido agotamiento del potasio en el suelo, para el caso de la maceta. En condiciones de campo, la planta, tiene mucho más tiempo y espacio para procurarse el K, y puede beneficiarse de la liberación progresiva de K, lo que no es posible en las macetas.

Para el S, las deficiencias aparecen generalmente después del segundo corte. El lo atribuye a una insuficiente rapidez de la velocidad de la mineralización del S orgánico del suelo presente en las macetas. Esta carencia es tanto más seria, en cuanto más pobre sea o es, el suelo en materia orgánica.

## 20 Jerarquía de las deficiencias

Según Chaminade, numerosos ensayos realizados por Killian y Velly permiten considerar que si los rendimientos parciales de un tratamiento son menores o iguales al 40% correspondiente a la fertilización completa, se estaría frente a una deficiencia grave, si éstos se ubican entre 40 y 70%, se

trataría de una deficiencia neta que necesita una abonadura de corrección.

Corresponde a Killian y Velly el mérito de haber intentado clasificar las carencias minerales por orden de gravedad decreciente. Ellos emplean los rendimientos del primer corte y establecen una escala de deficiencias previas como sigue;

		Deficiencia
Indice de rendimiento	40 - 70%	muy grave
menor de	40%	grave
Mayor de	70%	a) problemas de asimilabilidad (caso del Ca).
		b) problemas de mineralización (caso de S).

Con el Ca ocurre a menudo que los rendimientos obtenidos con los cortes permanecen prácticamente constantes respecto de la abonadura completa. Esto es atribuido a un problema de asimilabilidad.

Para el S ocurre lo contrario, generalmente los rendimientos son buenos en el primer corte pero éstos decrecen rápidamente en los siguientes cortes. Esto se puede atribuir a un agotamiento de las reservas fácilmente asimilables; la mineralización no se realiza con la velocidad suficiente para satisfacer las necesidades de las plantas.

Chaminade hace extensiva la clasificación anterior dada por Killian y Velly a los índices de rendimiento obtenidos en las producciones parciales de cada uno de los cortes sucesivos.



Roche, Velly y Celton posteriormente prefieren emplear los promedios de los cortes de ballico y usar la terminología siguiente:

Deficiencia mayor 0-30%

Deficiencia menor 60-30%

Para satisfacer los objetivos de esta técnica Chaminade utiliza como planta indicadora *Lolium perenne*, aunque no se descarta la posibilidad de emplear otras especies, el autor cree disponer en el ballico inglés de una planta muy adecuada a este tipos de estudios, por cuanto soporta bien varios cortes sucesivos, cada uno de los cuales permite apreciar el efecto depresivo producido por la ausencia de un nutrimento sobre los rendimientos, por otra parte ésta especie tiene la característica de extraer los nutrimentos con más facilidad que otras plantas. (15, 20, 7).

Este cultivo es sometido a 5 cortes durante todo el experimento, cosechando las producciones de materia seca de cada maceta (tratamiento). Puede ser utilizado cualquier tipo de suelo, siempre y cuando las muestras sean tomadas de 0-20 cm de profundidad como se indica en la metodología.

Por lo que respecta a la forma de evaluación de los resultados; éstos pueden ser expresados de distintas maneras. para efectuar algunas representaciones gráficas es indispensable conocer las producciones de materia seca.

Se entiende por producciones acumuladas de materia seca a la cantidad total de ballica cosechada durante todo el ensayo en macetas, desde la germinación hasta el último corte que se considera. Esta se expresa indistin-

tamente en gramos por maceta o porcentaje de rendimiento (índice de rendimiento). Este índice de rendimiento se obtiene de comparar las producciones de materia seca de un tratamiento de fertilización cualquiera con el respectivo tratamiento de fertilización completa. A la abonadura completa se le proporciona arbitrariamente el valor de 100%. (15)

La producción parcial, en cambio, se designa al ballico cosechado únicamente durante el intervalo que comprende un corte cualquiera.

Los diferentes tipos de curvas que se utilizan para la representación de los resultados, se originan por considerar algunos de los siguientes factores: (15.16)

a) en abscisas

- 1) el número de corte sucesivo o
- 2) la producción acumulada de ballico, alcanzadas con la abonadura completa para un corte determinado.

b) en ordenadas

- 1) la producción parcial de ballico o
- 2) la producción acumulada de ballico, ambas obtenidas para un tratamiento cualquiera.

A su vez se distinguen dos formas de expresar las producciones de ballico representadas en ordenadas;

- i) gramos/maceta
- ii) porcentaje de rendimiento

Estos diferentes tipos de representaciones gráficas pueden observarse en las figuras 3, 4, 5, 6 y 7 (15).

El tipo de gráficas 3 y 4 son casos particulares de las correspondientes figuras 5, 6 y 7 pero su uso no es recomendable cuando se toma en cuenta que, el número de corte no es criterio homogéneo, pues cada investigador decide cuando será retirado el follaje de las macetas.

Sin embargo es una excelente base de comparación la cantidad de ballico producido con la fertilización completa, (figuras 5, 6 y 7). Las diferencias que se presentan en los demás tratamientos siempre podrán relacionar mejor la producción acumulada, que con el número de corte.

Por lo que se refiere a las ordenas, se puede decir que la expresión porcentual tiene la ventaja que permite aplicar cifras límites (o valores críticos) para calificar la intensidad de la deficiencia, con lo cual es muy rápido hacer una clasificación de ésta. (15)

La otra forma de expresión es ordenadas, gramos/maceta; es más conveniente cuando se trata de verificar resultados o para determinar errores experimentales.

Entre los diferentes tipos de gráficos presentados anteriormente se ha llegado a la conclusión que, la gráfica correspondiente a la figura 7, es la que presenta mayor conveniencia debido a que nos muestra con más claridad los resultados de jerarquía e intensidad de las deficiencias, así como también nos permite conocer la diferencia entre la fertilidad actual y potencial. (15)

Por otra parte Schenkel (1971) propone la construcción del gráfico en un sistema de coordenadas semilogarítmico, cuidando dejar la escala semilogarítmica, para las ordenadas. En las abscisas se colocan los valores de materia seca acumulada, producida con la abonadura completa (gramos/maceta). Las ordenadas, en escala logarítmica, registran los porcentajes de rendimiento de fertilización incompleta.

### 3.4.2.3 METODOS MICROBIOLÓGICOS

Winogradsky fue uno de los primeros en observar que en ausencia de elementos minerales ciertos organismos microscópicos tenían un comportamiento similar al de las plantas superiores. Se demostró que el crecimiento de *Azotobacter* servía para identificar los nutrimentos minerales faltantes en el suelo, especialmente el Ca, P y K, con una mayor sensibilidad que en los métodos químicos. (19)

**Técnica de Sackett y Stewart;** ésta técnica se basa en los trabajos de Winogradsky y se usan para estudiar el estado del P y K en los suelos. Se prepara un cultivo con cada suelo, se añade P a una porción y K a otra, y ambos elementos a una tercera porción. Luego se inoculan los cultivos con *Azotobacter* y se incuban durante 78 hrs.

**Técnica de *Aspergillus niger*;** ésta sirve para determinar el P y K; se incuban en pequeñas cantidades de suelo, durante un período de cuatro días en frascos que contengan las soluciones adecuadas de nutrimentos. El peso de los micelios o la cantidad de K arborbida por éstos se utilizan como una medida de la deficiencia de los nutrimentos. (19)

**El Método de Mitscherlich en placa con *Cunninghamella*;** el método se basa en la sensibilidad de este organismo para el contenido de P en un medio de crecimiento. Se mezcla el suelo con la solución de nutrimentos, se hace una pasta, la cual se esparce uniformemente en una caja de arcilla construída especialmente, se inocula sobre la superficie en el centro de la pasta y se deja en incubación durante cuatro días y medio. El diámetro del crecimiento de los micelios en la caja se utilizan para hacer una estimación de la cantidad de P presente en el suelo. (19)

FIG 3

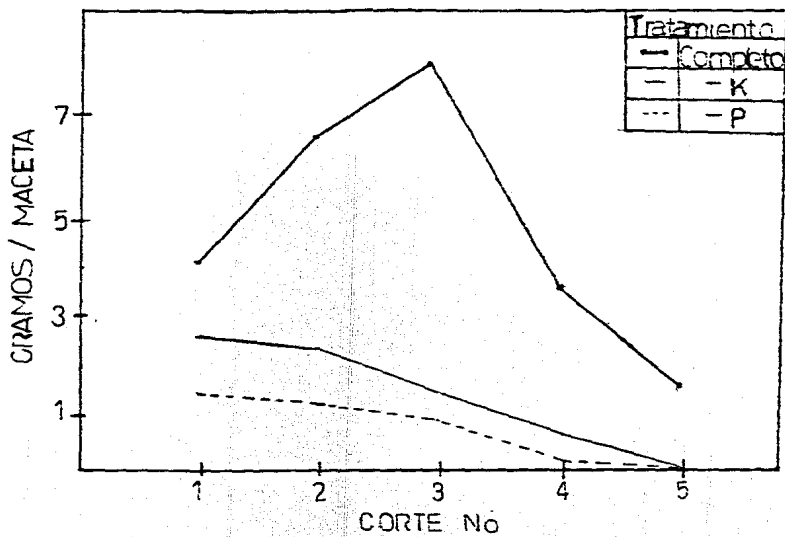


FIG. 4

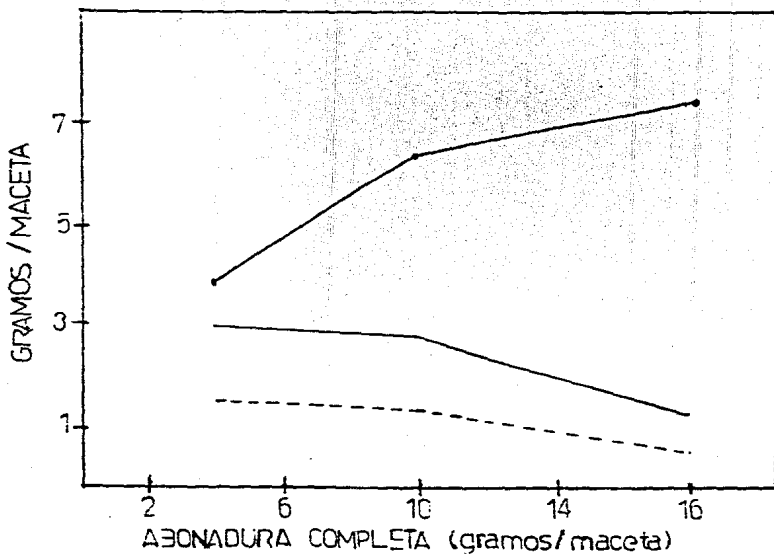


FIG. 5

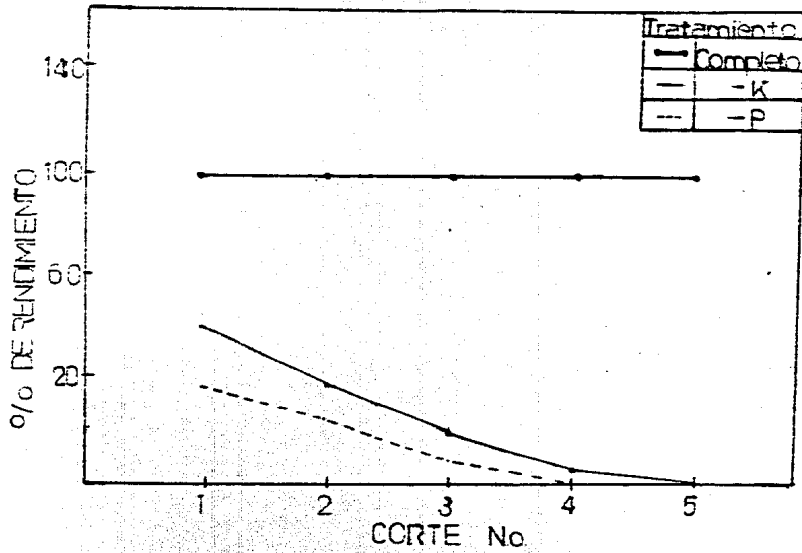


FIG. 6

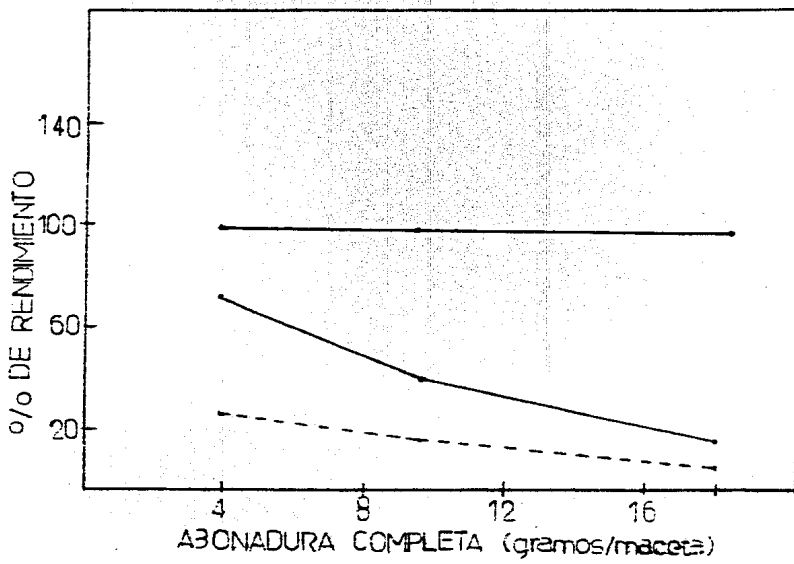
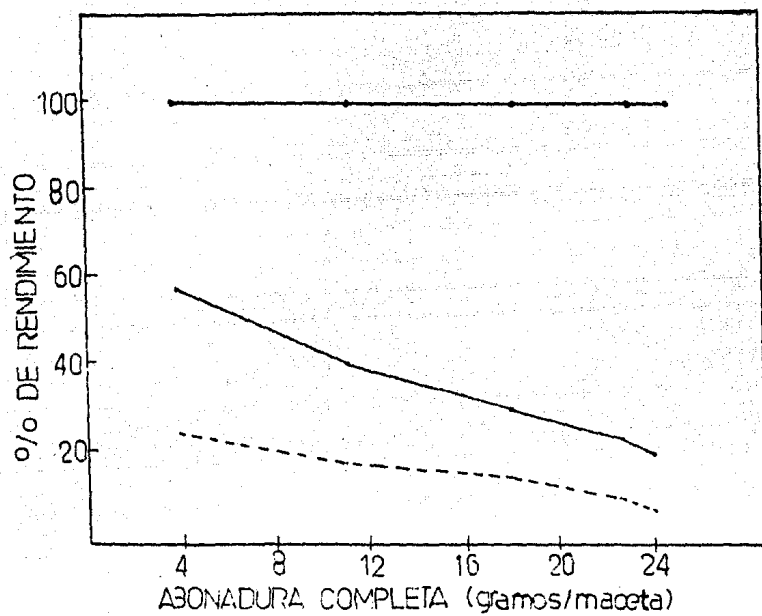


FIG. 7



Tratamiento	
—	Completo
- - -	K
...	P

#### IV. MATERIALES Y METODOS

La presente investigación fue realizada en La Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán (Ingeniería Agrícola), dentro de las instalaciones del invernadero (sección correspondiente a la materia de Manejo y Fertilidad de Suelos), con la colaboración del Centro de Producción Agropecuaria. La Facultad está ubicada en el Km 3 de la carretera Teoloyucan, Cuautitlán Izcalli, Edo. de México.

El experimento se llevó a cabo durante los meses de septiembre de 1985 a febrero de 1986.

Este ensayo consistió en evaluar la fertilidad del suelo del área agrícola del C.P.A. a través de la producción de materia seca en macctas experimentales, de acuerdo al método de Raymond Chaminade o técnica del elemento faltante.



#### 4.1. MATERIALES

Los materiales que se utilizaron para la realización de este experimento fueron los siguientes;

Para el muestreo de suelo; palas rectas, bolsas de plástico de 1.5 Kg aproximadamente y una cinta métrica.

Se necesitaron 56 Kg de suelo del área de estudio, 18 macetas de 3 Kg cada una, y las instalaciones del invernadero ya que fue utilizado durante todo el tiempo en que se llevó a cabo el experimento.

La cantidad total de semilla de *Lolium perenne* que fue requerida es 18g lo que equivale a un gramo por cada maceta, para efectuar la fertilización nitrogenada se utilizó 88.90g de  $\text{NH}_4 \text{NO}_3$  granulado, en total.

Por último fue necesario material de laboratorio; tamices, mazos de madera, vasos de precipitado, probetas, pipetas, agitadores, balanzas, horno de aire caliente, tijeras, bolsas de papel y los siguientes reactivos;

REACTIVO	CANTIDAD
1.- $\text{Na H}_2\text{PO}_4$	95.15 g/Lt
2.- $\text{K HC}_3$	106.35 "
3.- $\text{Ca (Na}_3)_2 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	73.75 "
4.- $\text{Mg Cl}_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	25.37 "
5.- $\text{Mn SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	0.9 "
6.- $\text{Zn SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	0.0445"
7.- $\text{Cu SO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	0.625 "
8.- $\text{H}_3 \text{BO}_3$	0.40 "
9.- $(\text{NH}_4)_6 \text{Mo}_7 \text{O}_{24} \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$	0.0032"
10.- $\text{Na SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	5.0 "

## 4.2 METODOLOGIA

### 4.2.1. MUESTREO

Para poder llevar a cabo este experimento se requería de un total de 40 submuestras de suelo/muestra compuesta. Según se ha calculado que con este número se alcanza la máxima precisión (4). Se contaba con un total de 14 parcelas del área agrícola que conforman una superficie total de 43 ha.

Se utilizaron 56 Kg de suelo, ya que se realizaron 6 tratamientos con tres repeticiones cada uno, los cuales precisaban de 3 Kg de suelo/maceta. Por tanto cada submuestra debería de ser aproximadamente de 1.3 Kg, pero debido a que el suelo estaba húmedo se consideró oportuno tomar alrededor de 1.5 Kg/submuestra.

Las submuestras se extrajeron con palas; haciendo una pequeña perforación de 30 cm aproximadamente de profundidad de cada sitio de muestreo. La muestra se extrajo de los primeros 20 cm según lo recomendado por Etchevers (1985). Para cada muestra se midió la profundidad y se introdujo en una bolsa de aproximadamente de 1.5 Kg para medir el peso de manera tentativa.

El lugar de muestreo fue principalmente en el fondo del surco, ya que el cultivo estaba en pie y esta zona para entonces debió de ser la más homogénea, ya que antes o al momento de la siembra se efectúa la fertilización; ésto es por lo que respecta a cultivos en hilera, no siendo así para los cultivos de cobertura.

Los sitios de muestreo se ubicaron en forma de zig-zag y tratando de que la distribución fuera homogénea para todas las parcelas, incluyendo el número proporcional de las submuestras en cada una de ellas, en base a la superficie individual. Los sitios de muestreo aparecen en la figura No. 13.

#### 4.2.2. PROCESAMIENTO DE LAS MUESTRAS

Después de obtenidas las submuestras de suelo, éste fue secado al aire, dentro del invernadero durante 10 días. Inmediatamente después se molió con mazos y se tamizó (se utilizaron tamices del No. 10). El suelo se pasó por la malla tantas veces como fue necesario hasta obtener un tamaño de partícula uniforme. Una vez que el suelo se tamizó, se mezclaron las submuestras, tratando que la mezcla fuera lo más uniforme posible para obtener una muestra completa.

Cuando se había obtenido la muestra compuesta se tomó una pequeña cantidad de suelo y se introdujo en el horno para determinar su peso constante después de secado, y posteriormente poder obtener la capacidad de campo del suelo, con el objeto de aplicar solamente el agua necesaria para mantenerlo en dichas condiciones de humedad. Una vez que se obtuvo la capacidad de campo se llenaron las macetas. El llenado de macetas se efectuó pesando 3 Kg de suelo para cada una de las mismas, cuidando que éstas tuvieran orificios de drenaje.

#### 4.2.3. DETERMINACION DE TRATAMIENTOS

Para hacer posible la formulación de tratamientos se utilizaron; Macro-nutrientes P, K, S, Mg y Ca. Micronutrientes; Mn, Cu, Zn, B y Mo.

El nitrógeno no se incluye en la formulación de tratamientos debido a que se hicieron fertilizaciones quincenales para todos ellos, ya que se dice que el Nitrógeno es un elemento universalmente deficiente. (5)

Los tratamientos necesarios para la realización del experimento fueron necesarios 6 (según las indicaciones establecidas en el método) (14), cada

uno de éstos con 3 repeticiones (el número de repeticiones fue determinado de acuerdo al criterio del experimentador). En el Cuadro No. 1 se mencionan los nutrimentos necesarios para cada tratamiento.

A cada uno de los tratamientos se le aplicaron 20 ml de solución de los diferentes macronutrimentos y 10 ml de la solución de una mezcla de los micronutrimentos. Para el experimento es necesario sólo una aplicación de estas soluciones.

Las cantidades totales de cada tratamiento aparecen en el cuadro No. 2.

#### 4.2.4. PREPARACION Y APLICACION DE SOLUCIONES

Las soluciones se prepararon dentro del laboratorio el mismo día que se realizó la siembra.

Todas las soluciones se prepararon por separado en vasos de precipitados, posteriormente en otros vasos se fueron agregando las cantidades necesarias para cada tratamiento, los cuales fueron etiquetados respecto a su contenido y repetición. En total se hicieron 18 mezclas ya que eran 6 tratamientos con 3 repeticiones.

Cuando se terminó de preparar las soluciones, fueron aplicadas inmediatamente después al suelo. La solución se aplicó en la superficie del suelo de cada maceta, tratando de que la superficie del suelo de cada

maceta será cubierta de manera uniforme, evitando que la semilla fuera descubierta al momento de vaciar la solución en las macetas.

Las macetas no fueron regadas sino hasta dos días después de haberse sembrado, con el fin de que la solución permaneciera en la superficie durante ese lapso de tiempo y evitar que pudiera ser lixiviada.

#### 4.2.5. SIEMBRA

La siembra se realizó el 10. de Octubre de 1985.

En cada maceta se sembró 1g de *Lolium perenne*; la semilla fue sembrada cuando el suelo se encontraba seco, (antes de vaciar las soluciones), éstas fueron esparcidas principalmente en el centro de las macetas (para facilitar el corte) luego se cubrieron con una capa muy delgada de suelo debido al tamaño de la semilla.

#### 4.2.6. RIEGOS Y FERTILIZACIONES NITROGENADAS

Como se mencionó anteriormente la siembra se efectuó el día primero de Octubre, y las semillas germinaron entre los días 6, 7 y 8 del mismo mes; éste último se tomó como base para la determinación de los días al momento del corte.

Las macetas recibían tres riegos a la semana durante todo el tiempo que fue necesario para el experimento. Durante los primeros 30 días las plantas se midieron dos veces por semana, con la finalidad de determinar la altura promedio al momento del corte.

La fertilización nitrogenada se realizó con  $\text{NH}_4 \text{NO}_3$  en forma secuencial cada quince días. La primera fertilización se realizó el día 18 de Octubre y se aplicaron 175 mg/maceta.

Las siguientes seis aplicaciones se hicieron con una solución que contenía 17.15 g/lit de solución de Nitrato de Amonio aplicándose 20 ml de solución para cada tratamiento.

#### 4.2.7. COSECHA

El cultivo fue sometido a un total de 5 cortes, realizándose el primero a los 30 días, a partir de la última fecha de germinación. Los siguientes cuatro cortes se efectuaron con un intervalo de 20 días entre corte. Se consideraron 10 días más de diferencia entre el primer corte y los siguientes debido a que las plantas después de unos días de la germinación se establecen completamente en el sustrato.

Momentos antes de que se efectuara cada corte se medía la altura del follaje de cada tratamiento. El pasto se cortaba aproximadamente a 4-5 cm de altura a partir de la base del tallo; posteriormente se tomaba el peso fresco del follaje, y éste se colocaba dentro de una bolsa de papel secante e introducido al horno a una temperatura aproximada de 70°C el tiempo necesario hasta llevarlo a un peso constante.

#### 4.2.8. EVALUACION

Básicamente los parámetros que fueron considerados para la evaluación de este experimento fueron los siguientes:

- 1.- Peso seco/corte/maceta.
- 2.- Fertilización completa (testigo)
- 3.- Síntomas de deficiencia.
- 4.- Altura del follaje

De éstos puntos los más importantes son los tres primeros. El peso seco y la fertilización completa tienen prioridad, debido a que con estos dos parámetros se elabora el diagrama de fertilidad; forma gráfica en la cual son expresados los resultados obtenidos.

Los síntomas de deficiencia fueron útiles como punto de apoyo y comparación para la jerarquización de las deficiencias nutrimentales.

La altura es un elemento secundario, aunque Schenkel dice que es importante para la determinación del momento del corte. Este punto puede ser tomado a consideración de cada investigador, de acuerdo a su propio criterio.

**CUADRO No. 1**  
**Nutrientes necesarios para**  
**los diferentes tratamientos**

No. TRATAMIENTO	NUTRIENTOS
0	TESTIGO (P, K, S, Mg, Ca + Micro.)
1	P, K, Ca, Mg + Micronutrientes
2	P, K, Ca, S + "
3	P, K, Mg, S + "
4	P, Mg, Ca, S + "
5	K, Mg, Ca, S + "

**CUADRO No. 2**  
**Cantidades totales de solución**  
**para la formulación de los**  
**tratamientos.**

No. de tratamiento	Cantidad de sol. Macro.	No. de repetición	Cantidad de sol. Micro.	No. de repetición	TOTAL
0	100 ml	x 3	10 ml	x 3	310
1	80 "	x 3	10 "	x 3	270
2	80 "	x 3	10 "	x 3	270
3	80 "	x 3	10 "	x 3	270
4	80 "	x 3	10 "	x 3	270
5	80 "	x 3	10 "	x 3	270



## V. RESULTADOS Y DISCUSION

Con el objeto de analizar los resultados de ésta investigación, es de gran utilidad conocer y elaborar diferentes tipos de gráficas, para discernir entre ellas y obtener las que nos brinden mayores ventajas y facilidad para la evaluación e interpretación de los resultados obtenidos.

En algunos casos es necesario conocer los rendimientos parciales de materia seca y los rendimientos acumulados (cuadro No. 3). Asimismo es preciso obtener el porcentaje de rendimiento o índice de rendimiento parcial o acumulado, como en los casos de las figuras 8 y 9.

Para otros tipos de gráficas se utiliza el porcentaje de rendimiento y el número de corte (figura 10), para elaborar la figura 11 se necesita de la producción de materia seca (gramos por maceta) además del número de corte. La diferencia que existe entre éstas representaciones es que: en las ordenadas se utiliza el índice de rendimiento para el segundo caso (obteniéndose una línea recta para la abonadura completa), no siendo así cuando se utiliza el número de corte.

Como se mencionó en el capítulo anterior, los tipos 10 y 11 no son muy recomendables debido a que cuando se toma en cuenta el número de corte, (representado en abscisas) éste no es un criterio muy homogéneo ya que cada investigador decide cuando retirar el follaje de las macetas. Además como puede ser apreciado en las figuras 10 y 11, los gráficos no son muy claros sobre todo para el cuarto corte.

CUADRO 3.

Producción de materia seca;  
porcentajes parciales y acu-  
mulados por tratamiento y  
corte. FESC - UNAM 1986

CORTE No.	TRATA- MIENTO FERTILIZA- CION	PRODUCCIONES DE MATERIA SECA											
		parcial		acumulado		parcial		acumulado		parcial		acumulado	
		g/m	%	g/m	%	g/m	%	g/m	%	g/m	%	g/m	%
1o.	COMPLETA	3.0	100	3.0	100	3.8	100	3.8	100	5.3	100	5.3	100
	- P	3.0	100	3.0	100	4.9	129	4.0	75	4.0	75	4.0	75
	- K	4.9	163	4.9	163	4.8	126	4.8	136	5.3	100	5.3	100
	- Ca	3.5	116	3.5	116	2.5	65	2.5	65	3.0	56	3.0	56
	- Mg	3.3	110	3.3	110	2.5	65	2.5	65	3.0	56	3.0	56
	- S	4.2	140	4.2	140	4.0	105	4.0	105	4.5	85	4.5	85
2o.	COMPLETA	3.6	100	6.6	100	3.3	100	7.1	100	4.3	100	9.6	100
	- P	4.2	116	7.2	109	4.0	121	8.9	125	3.7	86	7.7	80
	- K	4.7	130	9.6	145	4.2	127	9.0	127	4.4	102	9.7	101
	- Ca	3.5	97	7.0	106	3.0	91	5.5	77	3.2	74	6.2	64
	- Mg	3.5	97	6.5	98	2.8	84	5.3	74	4.0	93	7.0	73
	- S	4.1	113	8.3	125	3.4	103	7.4	104	4.0	93	8.5	88
3o.	COMPLETA	4.1	100	10.7	100	3.7	100	10.9	100	4.5	100	14.5	100
	- P	3.3	80	10.5	98	3.9	102	12.8	117	3.4	75	11.1	79
	- K	3.6	87	13.2	123	4.0	105	13.0	119	3.9	86	13.3	94
	- Ca	3.1	75	10.1	94	3.2	83	7.7	70	4.2	93	10.4	73
	- Mg	3.6	87	10.1	94	3.3	86	8.6	79	4.0	88	11.0	78
	- S	4.1	100	12.4	115	3.2	84	10.6	97	4.1	91	12.6	89
4o.	COMPLETA	3.7	100	14.4	100	4.0	100	14.9	100	4.0	100	18.1	100
	- P	3.8	102	14.3	99	4.0	100	16.2	112	3.9	97	15.0	82
	- K	4.0	108	17.2	119	4.3	107	17.3	116	3.9	97	17.2	95
	- Ca	4.1	110	14.1	98	3.8	95	11.5	77	3.8	95	14.2	78
	- Mg	4.0	108	14.1	98	3.5	87	12.1	81	3.7	92	14.7	81
	- S	4.3	116	16.7	116	3.8	95	14.4	96	3.9	97	16.5	91
5o.	COMPLETA	3.7	100	18.1	100	2.8	100	17.7	100	4.4	100	22.5	100
	- P	3.1	83	17.4	96	1.9	67	18.7	94	3.2	72	18.2	80
	- K	3.3	89	20.5	113	3.1	110	20.4	115	3.2	72	20.4	90
	- Ca	3.2	86	17.3	95	2.8	100	14.3	81	3.7	84	17.0	79
	- Mg	3.6	97	17.7	97	3.2	114	15.3	86	2.9	66	17.6	78
	- S	3.7	100	20.4	112	3.3	117	17.7	100	3.3	75	19.8	88

Solamente cuando se trata de verificar resultados o bien cuando se trata de determinar errores experimentales es de utilidad analizar éstas representaciones. No así para cuando se requiere establecer diferencias nutrimentales, pues presenta mayor comodidad la expresión porcentual, además de que permite aplicar cifras límites (o valores críticos).

Para el caso particular de la figura 8 se expresa en ordenadas el porcentaje de rendimiento de la fertilización incompleta sustractiva; mientras que en las abscisas, se utilizan las producciones parciales de materia seca de la abonadura completa. En ésta figura es posible determinar la jerarquización de las deficiencias junto con su intensidad, pero tiene el inconveniente de exagerar las líneas de fertilidad. Esto se puede verificar al observar la línea del tratamiento sin fósforo, que aparentemente muestra un aumento en la producción de materia seca para el cuarto corte; sin embargo éste aumento en la producción no causa impacto sobre la producción total de éste tratamiento, cuando es comparado con la abonadura completa.

Es posible que los índices de rendimiento parciales sean mejores indicadores para determinar inicialmente; deficiencias nutrimentales que aparezcan en cortes posteriores, aunque no es posible ponderar su gravedad.

El uso irrestricto de los índices de rendimiento parcial, hace que los posibles errores experimentales de un corte conduzcan a conclusiones equivocadas y posiblemente fuera de la realidad.

El caso contrario se presenta cuando se utiliza el gráfico que en ordenadas lleva el índice de rendimiento acumulado y en las abscisas la producción de materia seca acumulada de la abonadura completa (gramos/maceta),

(figura No. 9); ésta además de que permite establecer la jerarquización de las deficiencias junto con su intensidad, nos muestra de una forma más precisa la diferencia entre la fertilidad actual y potencial del suelo, independientemente del nutrimento ausente en la fórmula de fertilización incompleta sustractiva o a la intensidad de producción de la abonadura completa.

Esta gráfica es la que nos muestra los resultados con más claridad y facilidad de interpretación que las anteriores.

Por otra parte Schenkel propone una gráfica, la cual se elabora en un sistema de coordenadas semilogarítmicas (figura 12). Dentro de las ventajas que ofrece éste gráfico se encuentran las siguientes:

- 1.— Nitidez para comparar las velocidades de agotamiento de las reservas nutritivas.
- 2.— Establece con mucha precisión la intensidad y la jerarquización de las deficiencias.
- 3.— Muestra la alteración de la jerarquía de las deficiencias, cuando las rectas respectivas del agotamiento de dos nutrimentos, intersectan y la fertilidad varía entre la actual y la potencial.

Aún cuando la figura anterior presenta éstas ventajas, de la elaboración de resultados en papel semilogarítmico, se cree que es de mayor conveniencia la figura 9 ya que se aproxima más a los objetivos de ésta experimentación.

Para obtener todas las gráficas anteriores, fue necesario promediar los resultados de las diferentes producciones de materia seca de los seis tratamientos y sus respectivas repeticiones. (cuadro No. 4). Esto se realizó con el propósito de homogenizar los resultados del experimento y disminuir la variabilidad a éste respecto.

Como fue mencionado, la fertilidad potencial está representada por la abonadura completa a la cual se le atribuye el 100% y la fertilidad actual está dada por el índice de rendimiento (fertilización incompleta sustrativa). Estos puntos son importantes, para poder diferenciar entre la fertilidad actual y potencial del suelo analizado.

Chaminade (16) con la finalidad de lograr una jerarquía de las deficiencias considera que; si los rendimientos son menores o iguales al 40% del correspondiente a la fertilización completa, se tendría una deficiencia grave. Si éstos se ubican entre 40 y 70% se trataría de una deficiencia neta que necesitaría indiscutiblemente una abonadura de corrección.

De acuerdo a lo anterior, se puede deducir que en los resultados obtenidos (gráficas 9 y 12) producto del experimento, la deficiencia más marcada, es la correspondiente al tratamiento sin Calcio, con un índice de rendimiento del 86% lo cual ubica a éste nutrimento en un 14% de diferencia con respecto a la abonadura completa. Por lo que podemos decir que realmente el suelo no es deficiente en Calcio, pero si se llegara a presentar alguna carencia en el suelo, sería probablemente el calcio el nutrimento con mayores problemas.

CUADRO No. 4

Producción promedio de materia  
seca de las repeticiones; por-  
centajes parciales y acumulados.  
FESC - UNAM 1986.

No. CORTE	TRATAMIENTO FERTILIZACION	PRODUCCION DE MATERIA SECA			
		PARCIAL		ACUMULADO	
		g/mta.	%	g/mta	%
1o.	COMPLETA	4.0	100	4.0	100
	- P	3.9	97	3.9	97
	- K	5.0	125	5.0	125
	- Ca	3.0	75	3.0	75
	- Mg	3.2	80	3.2	80
	- S	4.2	105	4.2	105
2o.	COMPLETA	3.7	100	7.7	100
	- P	3.9	105	7.9	102
	- K	4.4	118	9.4	122
	- Ca	3.1	83	6.2	80
	- Mg	3.4	91	6.7	87
	- S	3.8	102	8.0	103
3o.	COMPLETA	4.1	100	11.9	100
	- P	3.5	85	11.4	95
	- K	3.8	92	13.2	111
	- Ca	3.2	78	9.7	81
	- Mg	3.6	87	10.3	86
	- S	3.7	90	11.8	99
4o.	COMPLETA	3.0	100	15.8	100
	- P	3.9	100	15.3	96
	- K	4.0	102	17.3	109
	- Ca	3.9	100	13.6	86
	- Mg	3.7	94	14.0	88
	- S	4.0	102	15.8	100
5o.	COMPLETA	3.6	100	19.4	100
	- P	2.7	75	18.0	92
	- K	3.1	86	20.4	105
	- Ca	3.2	88	16.8	89
	- Mg	3.3	91	17.4	89
	- S	3.5	97	19.3	99

Por tanto en base a lo antes expuesto podría afirmarse que el suelo objeto de estudio, posee una fertilidad actual aceptable, ya que al establecer la comparación de los resultados obtenidos, con los rangos dados por Chamínade ningún tratamiento de la fertilización incompleta sustractiva se encuentra por debajo del 70% de rendimiento, que representaría una deficiencia neta.

Por otra parte; la jerarquización de las deficiencias encontradas, (analizando cada uno de los diferentes tratamientos) utilizados para esta investigación, tiene el siguiente orden de importancia:

El calcio es el nutrimento que presenta mayores problemas en este suelo, ya que como es posible observar este tratamiento es el que se encuentra a un nivel más bajo que los demás nutrimentos. Al comienzo del experimento el Ca presenta un efecto depresivo, y posteriormente a medida que se ve afectado por la ausencia de este elemento, la producción sufre un incremento, no siendo así cuando se llega al cuarto corte, debido a que se estabiliza la producción.

Aún cuando la producción de materia seca aumentó, la línea de fertilidad actual del calcio se mantuvo por debajo de la fertilidad potencial.

El Magnesio es el nutrimento que se encuentra inmediatamente después del Calcio; las líneas de éstos son muy parecidas entre sí, debido a que muestran un comportamiento similar. El Magnesio al igual que el Calcio al principio (primer corte) presenta un incremento en el porcentaje de rendimiento que equivale al 80% pero cuando se llega al (cuarto corte) su producción se estabiliza en 89%, lo que nos muestra la diferencia entre una fertilidad y la otra.

Por lo que se refiere al Fósforo las deficiencias que se presentan son mínimas; puede observarse que en el primer corte la línea de fertilidad de este nutrimento se encuentra muy próxima al 100%, pero para el segundo corte, éste sobrepasa a la abonadura completa, aunque después del tercer corte la producción baja en un 5%, pero al final del experimento ésta decrece casi hasta el 90%. Esto puede ser debido a que al principio se aprovechó el P disponible en el suelo (Fósforo de las aplicaciones de fertilizantes que se llevan a cabo cada ciclo), y posteriormente pudo presentarse una fijación de éste debido al tipo de arcilla que posee el suelo (montmorillonita) y consecuentemente su capacidad de fijación insitu.

El Azufre presenta en el primer corte una fertilidad actual muy buena, ya que sobrepasa al 100%, pero a medida que se avanza en el número de cortes el porcentaje baja, siendo que la diferencia existente entre la fertilidad actual y potencial es casi inapreciable; ésto nos muestra que las aplicaciones con sulfatos en el área agrícola son aceptables, y que si se mantiene el mismo manejo del suelo es difícil que se llegue a tener problemas con respecto a este nutrimento.

El último caso concerniente al Potasio, es notable que su fertilidad está por arriba del 100%. Se puede observar que a medida que se fue intensificando la extracción de nutrimentos del suelo por parte de las plantas su concentración tendió a disminuir, pero aún cuando se ve que se presenta un desgaste rápido de el Potasio disponible, la producción de materia seca final, prueba que no existen problemas por lo que se refiere a éste nutrimento; a pesar de que no se realizan fertilizaciones con Potasio, en el área agrícola. Se puede decir que aunque se intensificará demasiado el uso del suelo sería muy difícil que hubiera deficiencias de éste nutrimento, o bien sería la última que necesitaría ser corregida.



De ésta manera se puede determinar una jerarquía de deficiencias nutricionales en el orden decreciente que a continuación se presenta;

$$\text{Ca} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S} > \text{K}$$

Aunque el S y el K no se considera como nutrimentos realmente deficientes; éste sería el orden en el cual se tendría que llevar a cabo una abonadura de corrección de ser preciso.

Por último en las gráficas 9 y 12 puede diferenciarse fácilmente la fertilidad actual de la fertilidad potencial.

Debido a que no se encontraron deficiencias graves al hacer la jerarquización de los distintos tratamientos, podemos decir que la fertilidad actual es aceptable, debido a que no se encuentra muy distante de la fertilidad potencial que está representada por el 100%.

Por tanto; la diferencia que existe entre una fertilidad y otra es solamente de un 14%, tomando como referencia el 100% de la abonadura completa y el porcentaje de rendimiento del nutrimento más deficiente (Ca) el cual tiene un 86%, para el último corte.

FIG 0 INDICE DE RENDIMIENTO PROMEDIO PARCIAL / PRODUCCIONES ACUMULADAS

F.E.S-C UNAM 1906

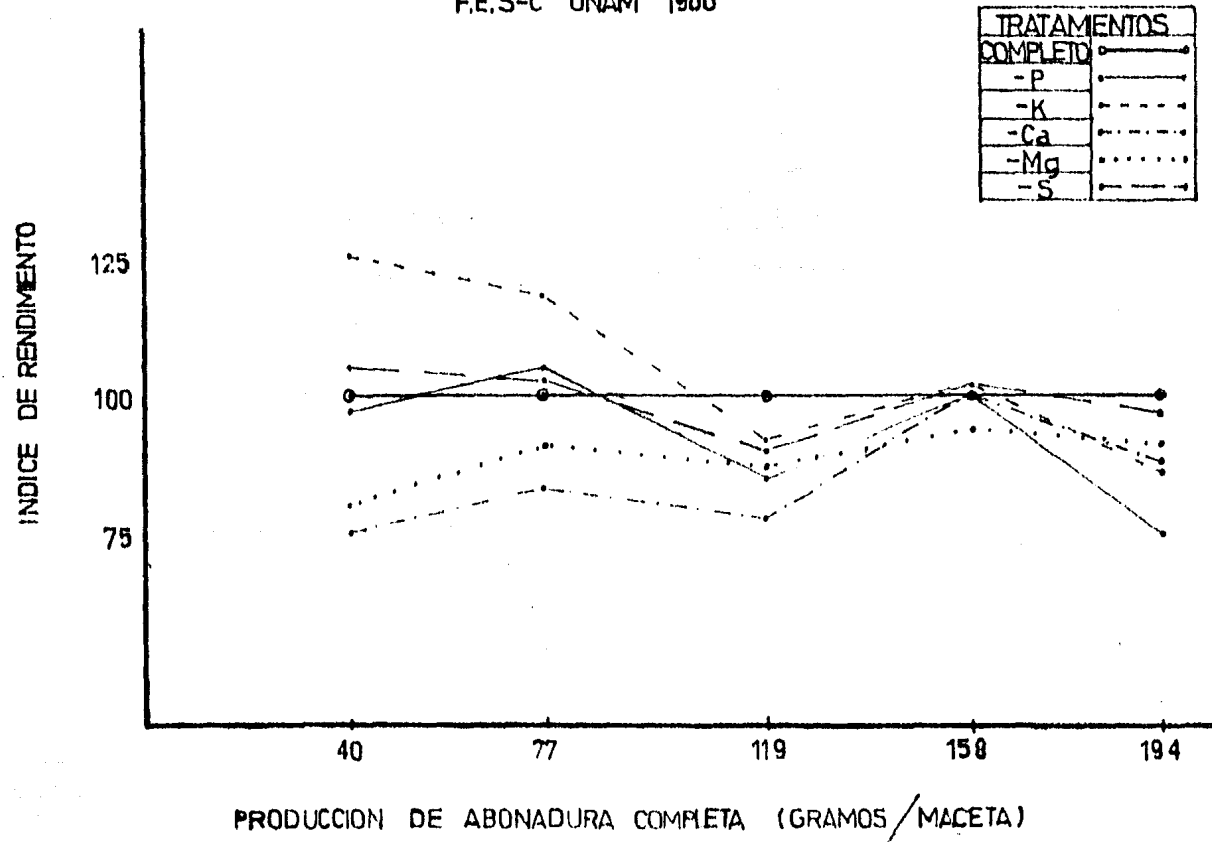


FIG 0 INDICE DE RENDIMIENTO PROMEDIO ACUMULADO PRODUCCIONES ACUMULADAS PROMEDIO  
F.E.S-C UNAM 1986

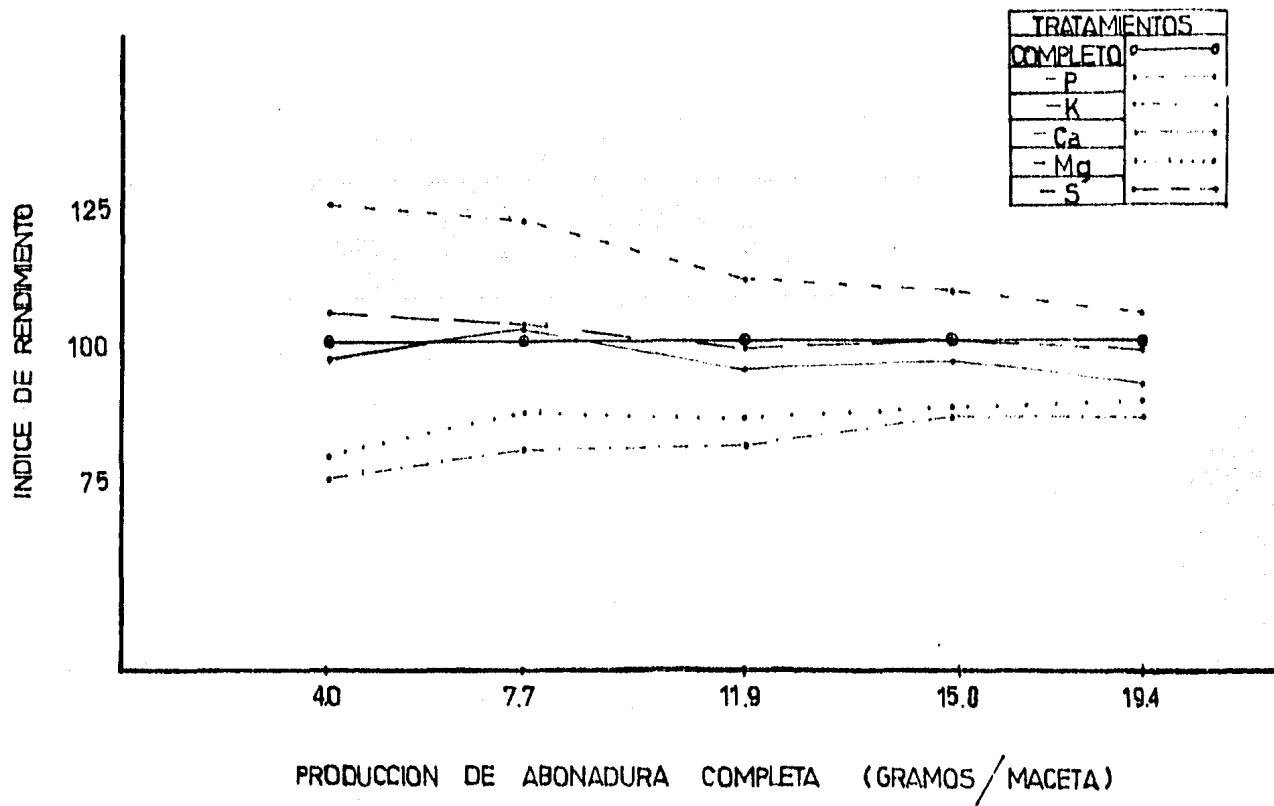


FIG. 10 INDICE DE RENDIMIENTO PROMEDIO PARCIAL / NUMERO DE CORTE  
 F.E.S.-C UNAM 1966

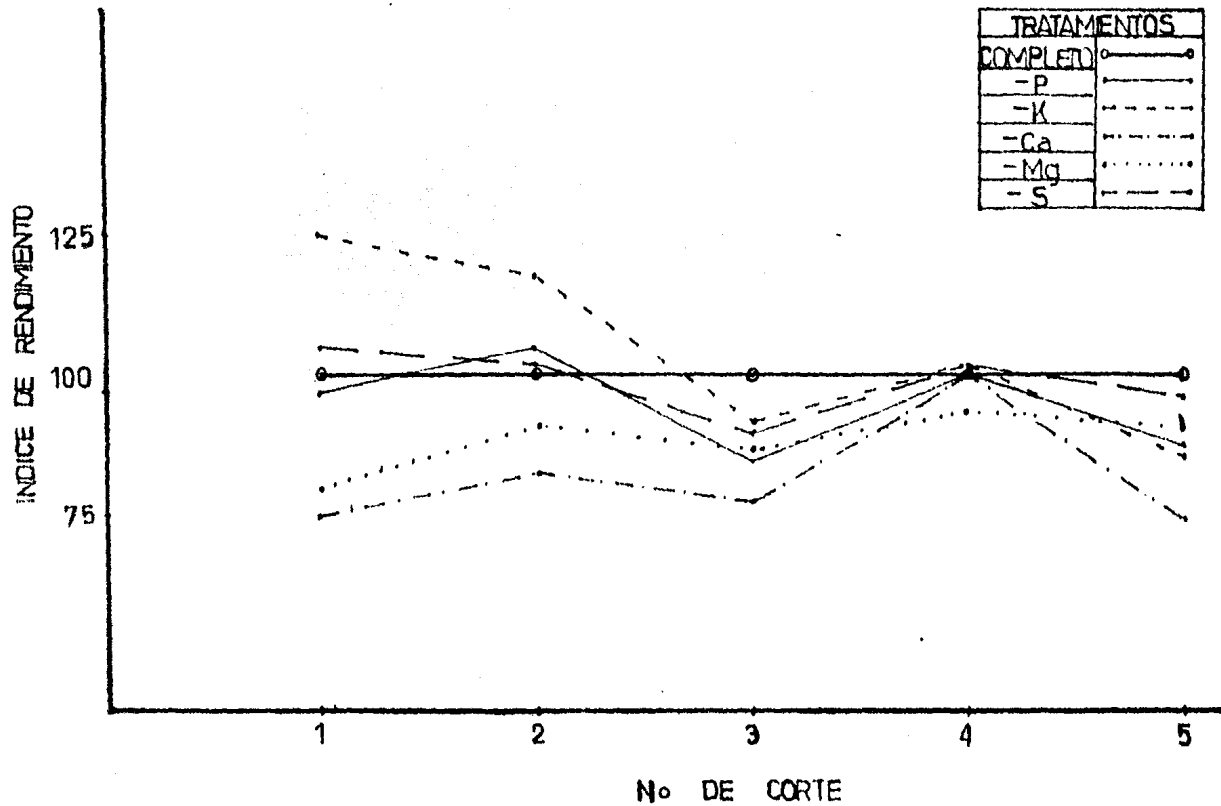


FIG 11 PRODUCCIONES PARCIALES (GRAMOS/MACETA)/NUMERO DE CORTE  
 F.E.S-C UNAM 1906

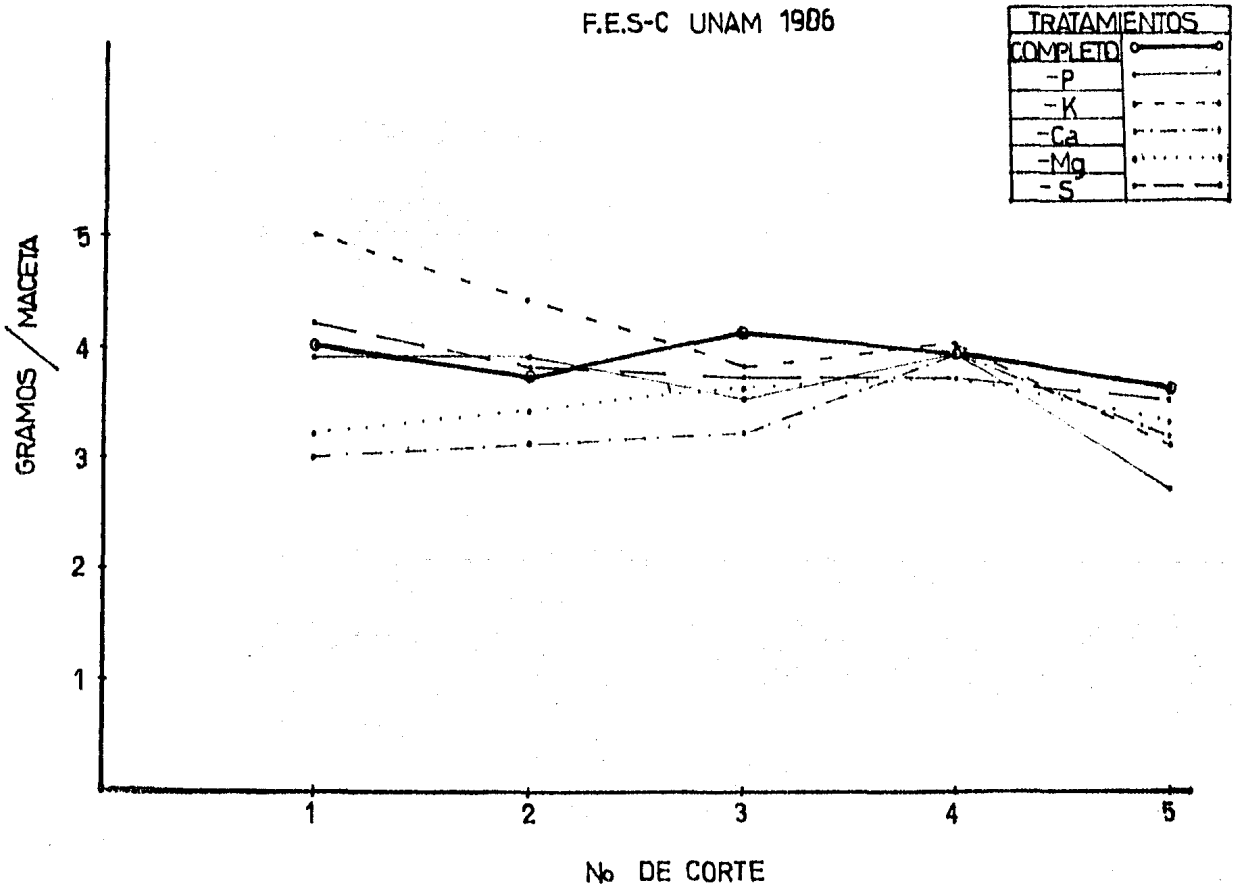
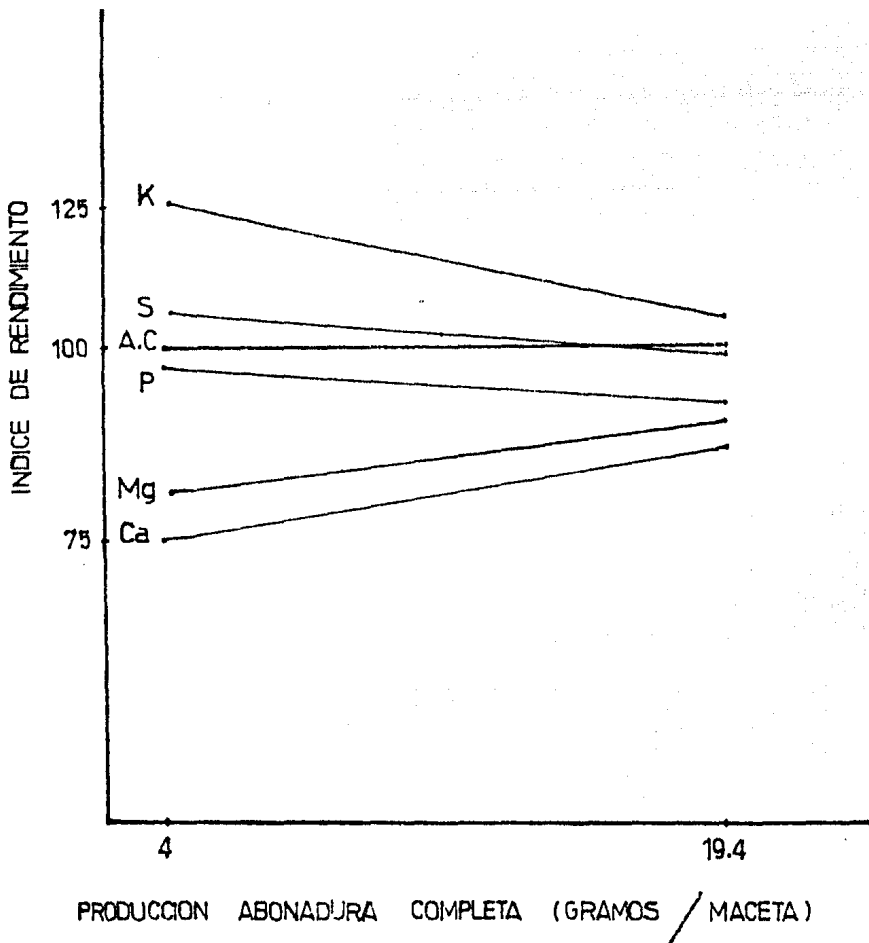


FIG 12 INDICE DE RENDIMIENTO PROMEDIO ACUMULADO / PRODUCCIONES  
 PROMEDIO ACUMULADAS F.E.S-C UNAM 1986



## VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1. CONCLUSIONES

- 1.- De acuerdo a los diagramas de fertilidad elaborados (propuestos de Chaminade) se logró diagnosticar la fertilidad actual del área de estudio.

Según los resultados obtenidos podemos decir que: la fertilidad actual es favorable, ya que no se encontraron deficiencias graves en el suelo, que necesiten de forma inmediata una fórmula de fertilización de abonadura de corrección, debido a que ningún nutrimento tiene rendimientos menores al 70%.

- 2.- La jerarquización de las deficiencias encontradas fueron de la siguiente manera:

$$\text{Ca} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S} > \text{K}$$

Los niveles de deficiencia fueron;

Ca; 14% Mg; 11% P; 8% S; 1% el Potasio que sobrepasó el 100% y obtuvo 105%

- 3.- Sí existe una diferencia entre la fertilidad actual y la fertilidad potencial. La diferencia más marcada se presenta cuando se compara la abonadura completa (fertilidad potencial), con el tratamiento sin Calcio (fertilidad actual) y encontramos que es del 14% entre ambas.
- 4.- Por medio de las figuras 9 y 12 se aprecia con claridad la velocidad de agotamiento de las reservas nutritivas.

## 6.2. RECOMENDACIONES

- 1.- Sería conveniente realizar un estudio de abonadura de corrección, para corroborar los resultados obtenidos en ésta primera etapa de diagnóstico de fertilidad, además de que se podría conocer si se elevaría o no los rendimientos actuales.
- 2.- También es recomendable que, en caso de que no se pudiera llevar a cabo ésta segunda etapa de la investigación, es importante no alterar el manejo que se le ha proporcionado al suelo, con el fin de evitar que la fertilidad actual baje y llegue a tener problemas de deficiencias nutrimentales.



## VII. – RESUMEN

La presente investigación se realizó dentro de las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán con el apoyo del Centro de Producción Agropecuaria.

La cuál se ubica dentro del Municipio de Cuautitlán Ixcalli Edo. de México. Dicha investigación se llevo a cabo durante los meses de septiembre de 1985 a Febrero de 1986.

El experimento consistió en diagnosticar la fertilidad del suelo del área agrícola de La F.E.S. – Cuautitlán por medio de la producción de materia seca en ensayos de macetas, de acuerdo a la técnica de Chaminade o técnica del elemento faltante.

Para la realización de la parte experimental fueron utilizados 6 tratamientos con tres repeticiones cada uno. Los tratamientos fueron los siguientes;

Tratamiento	0 - 1	Abonadura completa
	1 - 1	Sin S
	2 - 1	" Mg
	3 - 1	" Ca
	4 - 1	" K
	5 - 1	" P

El primer número pertenece al tratamiento y el segundo a la repetición correspondiente.

Se efectuaron 5 cortes en total; el primero se realizó a los 30 días a partir de la última fecha de germinación, y los cortes posteriores se hicieron con un intervalo de 20 días entre uno y el subsiguiente.

Las fertilizaciones nitrogenadas se aplicaron cada 15 días; los riegos se realizaron tres veces por semana.

Hasta antes del primer corte se tomaban medidas la altura del follaje dos veces por semana, y posteriormente sólo se media antes de cada corte y al mismo tiempo se obtenía el peso fresco del pasto (*Lolium perenne*), inmediatamente después el follaje era secado en el horno hasta llevarlo a un peso constante y de ésta forma obtener el peso de la materia seca por maceta.

Una vez que se tenían todos los resultados de los diferentes cortes, se analizaron de acuerdo a las diferentes representaciones gráficas de los resultados, que Chaminade expone, de tal forma encontramos que, la gráfica conveniente es la que en ordenadas expresa; el índice de rendimiento acumulado (fertilización incompleta sustractiva), mientras que en abscisas lleva la producción acumulada para la abonadura completa, a la cual se le otorga el 100% .

De acuerdo a lo anterior se logró concluir que;

- No existen deficiencias graves o netas en el suelo, de acuerdo a los rangos de deficiencia expuesto por Chaminade, ya que ningún tratamiento se encontró por debajo del 70% del índice de rendimiento. Por lo tanto la fertilidad actual que posee el suelo del área de estudio, es aceptable, debido a que el nutrimento que presentó mayores problemas fue el Calcio y su rendimiento final corresponde al 86% .

Por lo que se puede decir que la diferencia entre la fertilidad actual y potencial sólo es de un 14%.

Por otra parte la jerarquización de las deficiencias nutrimentales se establece en el siguiente orden:

$\text{Ca} > \text{Mg} > \text{P} > \text{S} > \text{K}$

Se puede decir que ésta técnica es un instrumento muy valioso, para éste tipo de experimentos, debido a que aparte de que hace posible diagnosticar la fertilidad actual del suelo, resulta fácil establecer la jerarquización nutricional.

**BIBLIOGRAFIA**

- 1.—Alcalde Blanco, S. 1973. Apuntes de Nutrición Vegetal. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp. 32-35.
- 2.—Araos, S.C. 1967. Agricultura Técnica. Chile. 27 (1) pp. 15-20.
- 3.—Earl, Storie, R. 1970. Evaluación de Suelos. Centro Nacional de Ayuda Técnica. México (Buenos Aires. pp. 146
- 4.—Etchevers, B. Jorge D. 1985. Análisis Químicos /Por qué de sus fallas. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. pp. 8 - 12.
- 5.— \_\_\_\_\_ 1985. Apuntes de fertilidad de Suelos. Centro de Edafología, Colegio de Postgraduados, Chapingo, México. No publicado.
- 6.—Flores M. Jorge A. 1979. Bromatología Animal. Editorial Limusa 2a. Edición. pp. 32 - 38.
- 7.—Hages, H. D. et al. 1978. Forrajes. La ciencia de la Agricultura Basada en la Producción de Pastos. Compañía Editorial Continental. S. A. p.p. 289
- 8.—Baudilio, Juscafresa. Forrajes, Fertilizantes y Valor nutritivo. Editorial Aedos. Barcelona, España. pp. 17, 31.
- 9.—Moore, Ian. 1968. Ensilado y Henificación. Editorial Acribia. Zaragoza España. pp. 22.

- 10.—Núñez, E. Roberto. 1986. Tecnología y uso de Fertilizantes. "Datos Históricos en Relación al Uso de Fertilizantes." Chapingo, México.
- 11.—Ortiz, Villanueva, B. y Ortiz, Solorio. C. A. 1981. Edafología. U.A.C.H. pp. 303, 315 - 316.
- 12.— \_\_\_\_\_ 1977. Fertilidad de Suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. México, pp. 5 - 11, 29 - 42.
- 13.—Ratera, García, C. y E. Muslera. 1983. 1983. Praderas y Forrajes, Producción y Aprovechamiento. Editorial Mundi - Prensa, Madrid España. pp. 63 - 71.
- 14.—Schenkel S. Gotardo. et al. 1971. Evaluación de La Fertilidad del Suelo, Mediante la Producción de Materia Seca, En Ensayos de Macetas. Turrialba: Vol. 21 Núm. 3, Trimestre Julio - Septiembre. I. - Experiencias Preliminares.
- 15.— \_\_\_\_\_ 1971. Evaluación de la Fertilidad del Suelo, Mediante la Producción de Materia Seca, en Ensayos de Macetas. Turrialba: Vol. 21 Núm. 3, Trimestre Julio - Septiembre. II. Representaciones Gráficas usadas.
- 16.— \_\_\_\_\_ 1971. Evaluación de la Fertilidad del Suelo, Mediante la Producción de Materia Seca, en Ensayos de Maceta. Turrialba; Vol. 21 Núm. 3, Trimestre Julio - Septiembre. III. Diagrama de Fertilidad.
- 17.—Schoth, H. A. y Ralph M. Forrajes. Rama de investigación sobre Forrajes y Pastizales. pp. 343 - 347.
- 18.—Teuscher, H. y R. Adler. 1982. El Suelo y su Fertilidad. Editorial C.E.C.S.A. pp. 299 - 303, 429.

19.—Tisdale y Nelson W. 1968. *Fertilidad de Suelos y Fertilizantes*. New York Macmillan.

20.—Velázquez C. Raúl. 1983. *Estudio Bibliográfico del Cultivo del Zacate Ballico perenne (*Lolium perenne*)*. F.E.S. Cuautitlán.

**A P E N D I C E**

## OBSERVACIONES

FECHA DE SIEMBRA: OCTUBRE 10. DE 1985

FECHA DE GERMINACION: 6, 7 y 8 DE OCTUBRE

Octubre 9; el promedio de altura fue de 2.5 cm, el porcentaje de germinación fue superior al 80%. Los tratamientos 0 - 1, 0 - 2, 2 - 2 y 2 - 3 tuvieron problemas de germinación debido a la formación de una costra en la superficie del suelo.

Octubre 11; altura promedio 8 cm,

Riego

Octubre 16; riego.

Octubre 18; altura promedio 16.5 cm, el tratamiento 0 - 1 media 3 cm menos que los demás. Se realizó la primera fertilización nitrogenada.

Riego.

Octubre 21; La altura era de 20.5 cm en promedio, las plantas tenían un color verde intenso y eran muy erectas.

Riego

Octubre 23; riego

Octubre 26, 28 y 30; solamente se efectuó el riego.

Noviembre 1; el promedio para entonces era de 27 cm de altura.

Riego.



Noviembre 4; Se realizó la segunda fertilización nitrogenada.

Riego.

Noviembre 6; riego. Los tratamientos 3 - 2 y 2 - 3 no tenían buen drenaje y las hojas eran un poco amarillentas.

Noviembre 8; se llevó a cabo el primer corte, la altura promedio era de 30.5 cm.

Noviembre 11, 13, 15 y 18; riego

Noviembre 19; se realizó la tercera fertilización.

Riego.

Noviembre 21, 25 y 27; riego.

Noviembre 29; se efectuó el segundo corte, el promedio de altura fue de 23.5 cm.

Diciembre 2; riego.

Diciembre 4; Se fertilizaron los tratamientos, (cuarta fertilización con  $\text{NH}_4^+ \text{NO}_3^-$ ). Riego.

Diciembre 6, 9, 11, 13, 16 y 18; riego.

Diciembre 21; éste día se realizó el tercer corte y la quinta fertilización nitrogenada, además del riego.

Diciembre 23; riego.

Diciembre 27; los tallos y hojas eran más delgados que al principio, algunas hojas presentaban manchas pequeñas de color pardo y blanquesino.

Diciembre 31 y Enero 3; riego.

Enero 6; sexta fertilización nitrogenada, riego.

Enero 8; riego.

Enero 10; se realizó el corte número cuatro, la altura promedio era de 21 cm.

Enero 13, 15 y 18; riego.

Enero 21; séptima fertilización nitrogenada. Riego.

Enero 23, 25 y 27; riego.

Enero 30; se realizó el quinto corte, el promedio de altura fue de 20 cm. Los tratamientos 5 - 1, 5 - 2 y 5 - 3 presentaban una altura menor que los demás.

CUADRO No. 5 Altura promedio de cada tratamiento al momento del corte. F.E.S.C.  
U.N.A.M. 1986.

CORTE	TRAT. No.	ALTURA	TRAT. No.	ALTURA	TRAT. No.	ALTURA
1o.	0 - 1	28.5 cm	0 - 2	27.5 cm	0 - 3	30.0 cm
	1 - 1	30.5 cm	1 - 2	30.5 cm	1 - 3	29.5 cm
	2 - 1	30.0 cm	2 - 2	25.5 cm	2 - 3	32.5 cm
	3 - 1	29.0 cm	3 - 2	27.0 cm	3 - 3	29.0 cm
	4 - 1	30.0 cm	4 - 2	31.0 cm	4 - 3	29.5 cm
	5 - 1	28.0 cm	5 - 2	30.0 cm	5 - 3	27.0 cm

CORTE	TRAT. No.	ALTURA	TRAT. No.	ALTURA	TRAT. No.	ALTURA
2o.	0 - 1	25.0 cm	0 - 2	22.0 cm	0 - 3	23.0 cm
	1 - 1	26.0 cm	1 - 2	23.0 cm	1 - 3	24.0 cm
	2 - 1	22.0 cm	2 - 2	23.0 cm	2 - 3	22.0 cm
	3 - 1	25.0 cm	3 - 2	23.0 cm	3 - 3	23.0 cm
	4 - 1	26.0 cm	4 - 2	24.0 cm	4 - 3	24.0 cm
	5 - 1	24.0 cm	5 - 2	23.5 cm	5 - 3	24.0 cm

CORTE	TRAT. No.	ALTURA	TRAT. No.	ALTURA	TRAT. No.	ALTURA
3o.	0 - 1	22.4 cm	0 - 2	22.5 cm	0 - 3	23.0 cm
	1 - 1	23.4 cm	1 - 2	21.5 cm	1 - 3	24.5 cm
	2 - 1	21.5 cm	2 - 2	22.5 cm	2 - 3	25.0 cm
	3 - 1	21.5 cm	3 - 2	23.5 cm	3 - 3	23.5 cm
	4 - 1	21.5 cm	4 - 2	23.5 cm	4 - 3	24.5 cm
	5 - 1	20.5 cm	5 - 2	23.0 cm	5 - 3	24.0 cm

CUADRO No. 5 Altura promedio de cada tratamiento al momento del corte. F.E.S.C.  
(continuación) U.N.A.M. 1986.

CORTE	TRAT. No.	ALTURA	TRAT. No.	ALTURA	TRAT. No.	ALTURA
4o.	0 - 1	20.5 cm	0 - 2	23.0 cm	0 - 3	21.0 cm
	1 - 1	23.0 cm	1 - 2	21.0 cm	1 - 3	21.5 cm
	2 - 1	20.5 cm	2 - 2	22.0 cm	2 - 3	22.5 cm
	3 - 1	21.0 cm	3 - 2	21.0 cm	3 - 3	22.5 cm
	4 - 1	21.5 cm	4 - 2	22.0 cm	4 - 3	21.5 cm
	5 - 1	19.0 cm	5 - 2	20.5 cm	5 - 3	20.5 cm

CORTE	TRAT. No.	ALTURA	TRAT. No.	ALTURA	TRAT. No.	ALTURA
5o.	0 - 1	22.0 cm	0 - 2	22.5 cm	0 - 3	23.0 cm
	1 - 1	20.0 cm	1 - 2	21.0 cm	1 - 3	20.0 cm
	2 - 1	19.0 cm	2 - 2	20.0 cm	2 - 3	19.5 cm
	3 - 1	18.0 cm	3 - 2	19.0 cm	3 - 3	20.0 cm
	4 - 1	19.0 cm	4 - 2	20.0 cm	4 - 3	19.0 cm
	5 - 1	16.0 cm	5 - 2	16.0 cm	5 - 3	19.0 cm

CUADRO No. 6 Peso fresco del follaje cosechado de los diferentes tratamientos. F.E.S.C.  
U.N.A.M. 1986.

CORTE	TRAT. No.	PESO (gr)	TRAT. No.	PESO (gr)	TRAT. No.	PESO (gr)
1o.	0 - 1	23.0 "	0 - 2	31.3 "	0 - 3	35.9 "
	1 - 1	32.3 "	1 - 2	35.2 "	1 - 3	34.3 "
	2 - 1	29.2 "	2 - 2	19.5 "	2 - 3	34.5 "
	3 - 1	31.0 "	3 - 2	19.0 "	3 - 3	25.7 "
	4 - 1	37.3 "	4 - 2	41.9 "	4 - 3	43.3 "
	5 - 1	30.4 "	5 - 2	38.5 "	5 - 3	32.1 "

CORTE	TRAT. No.	PESO (gr)	TRAT. No.	PESO (gr)	TRAT. No.	PESO (gr)
2o.	0 - 1	22.1 "	0 - 2	21.0 "	0 - 3	27.8 "
	1 - 1	30.8 "	1 - 2	23.2 "	1 - 3	25.0 "
	2 - 1	18,9 "	2 - 2	19.5 "	2 - 3	26.4 "
	3 - 1	24.5 "	3 - 2	21.8 "	3 - 3	20.8 "
	4 - 1	34.5 "	4 - 2	29.5 "	4 - 3	29.9 "
	5 - 1	27.2 "	5 - 2	27.5 "	5 - 3	24.6 "

CORTE	TRAT. No.	PESO (gr)	TRAT. No.	PESO (gr)	TRAT. No.	PESO (gr)
3o.	0 - 1	28.0 "	0 - 2	27.5 "	1 - 3	29.0 "
	1 - 1	31.0 "	1 - 2	34.9 "	1 - 3	29.3 "
	2 - 1	22.4 "	2 - 2	25.3 "	2 - 3	30.0 "
	3 - 1	24.0 "	3 - 2	24.4 "	3 - 3	28.0 "
	4 - 1	30.7 "	4 - 2	29.5 "	4 - 3	29.0 "
	5 - 1	23.0 "	5 - 2	28.5 "	5 - 3	24.4 "

CUADRO No. 6 Peso fresco del follaje cosechado de los diferentes tratamientos. F.E.S.C.  
(continuación) UNAM. 1986

CORTE	TRAT. No.	PESO (gr)	TRAT. No.	PESO (gr)	TRAT. No.	PESO (gr)
4o	0 - 1	21.0 "	0 - 2	22.0 "	0 - 3	22.7 "
	1 - 1	25.2 "	1 - 2	23.5 "	1 - 3	22.0 "
	2 - 1	24.0 "	2 - 2	21.0 "	2 - 3	23.5 "
	3 - 1	25.5 "	3 - 2	24.0 "	3 - 3	23.0 "
	4 - 1	26.8 "	4 - 2	29.0 "	4 - 3	24.8 "
	5 - 1	22.5 "	5 - 2	29.0 "	5 - 3	19.6 "
5o.	0 - 1	21.7 "	0 - 2	22.6 "	0 - 3	27.6 "
	1 - 1	21.8 "	1 - 2	19.7 "	1 - 3	18.9 "
	2 - 1	21.1 "	2 - 2	19.1 "	2 - 3	18.3 "
	3 - 1	18.8 "	3 - 2	16.9 "	3 - 3	21.0 "
	4 - 1	17.6 "	4 - 2	18.5 "	4 - 3	15.4 "
	5 - 1	18.2 "	5 - 2	8.6 "	5 - 3	20.6 "

PLANO LOCALIZADOR DE SITIOS DE MUESTREO  
F.E.S-C UNAM 1986

