



35  
2-17

# Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

EVOLUCION DE LA CONCENTRACION DE NUTRIMENTOS EN  
LOS TEJIDOS FOLIARES DEL CULTIVO DEL CHILE (Capsicum  
spp.) A TRAVES DE SU DESARROLLO PARA EL DIAGNOSTICO  
DE DEFICIENCIAS

## TESIS PROFESIONAL

Para obtener el Título de  
INGENIERO AGRICOLA

Que presentan:

EUGENIO VIDALES IBARRA  
ALEJANDRO LOZANO HERRERA

Director de la Tesis: M.C. C. ORLANDO DE LA TEJA ANGELES

Cuautitlán Izcalli, México

Junio 1984



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 esta 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.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

## I N D I C E

	Página
1. INTRODUCCION.....	1
OBJETIVOS.....	3
2. REVISION DE LITERATURA	
2.1 Principales funciones de los nutrientes N, P, K, Ca, Mg y Zn en el metabolismo vegetal.....	4
2.2 Traslocación de los nutrimentos en la planta.....	13
2.3 Interacciones entre los nutrimentos.....	15
2.4 Análisis foliar, equilibrio fisiológico e índice vegetativo.....	18
3. MATERIALES Y METODOS	
3.1 Análisis físico y químico del suelo.....	22
3.1.1 Muestreo	
3.1.2 Preparación de las muestras	
3.1.3 Método de Análisis de Suelos	
3.2 Análisis del material foliar	
3.2.1 Muestreo y Preparación de las muestras....	25
3.2.2 Análisis químico foliar	
3.3 Cálculos de resultados del análisis fo- liar	
3.3.1 Todas las concentraciones de los elemen- tos se expresan en % en peso de m.s.....	25
4. PRESENTACION DE RESULTADOS, ANALISIS Y DISCUSION.	
4.1 Análisis de los suelos.....	27
4.2 Análisis foliar.....	33

<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>59</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>62</b>

## 1. INTRODUCCION

El cultivo del chile en México se encuentra entre los primeros lugares de importancia en la producción hortícola, debido a su alta demanda por parte de todos los sectores de la población, que lo incluyen en su dieta alimenticia.

A pesar de la importancia de éste cultivo, su producción y desarrollo óptimos, se ven limitados por las prácticas de fertilización inadecuadas, que realizan la mayoría de los agricultores. En algunos casos aplican dosis bajas de fertilizantes disminuyendo el potencial del cultivo y en otros, cantidades excesivas, aumentando los costos de producción y desperdiciando el fertilizante, lo anterior se debe a la falta de conocimiento y a la poca información que existe con respecto a la fenología del cultivo, sus requerimientos nutrimentales y su dinámica de crecimiento, además de no contar con un método analítico que permita determinar con exactitud el estado nutricional del cultivo y detectar deficiencias a tiempo para ser corregidas.

Por medio del análisis foliar, se pueden determinar las cantidades de elementos nutritivos que existen en las plantas, los valores así obtenidos se llaman niveles críticos.

El propósito de conocer los niveles críticos es con el fin de emplearlos como índices para determinar el estado nutricional de los cultivos, sin embargo, los valores de los

niveles críticos son muy variables, dependiendo del tipo de cultivo, de la variedad, de la edad de la planta, y de las condiciones ambientales bajo las cuales se desarrolla el cultivo; por éste motivo, los niveles críticos no son muy confiables.

Por otra parte, como se indica en la revisión de literatura, se ha desarrollado el concepto de equilibrio fisiológico de los elementos nutritivos, que indica que las concentraciones de los elementos en las hojas de los cultivos sanos con rendimientos óptimos guardan entre sí una relación proporcional.

Los valores de los equilibrios fisiológicos al ser relativos permanecen constantes independientemente del tipo de cultivo, variedad, edad de la planta y condiciones ambientales ; lo anterior convierte al equilibrio fisiológico de los elementos en un índice más confiable para determinar las condiciones nutricionales de los cultivos, que junto con los análisis del suelo permiten dar recomendaciones de fertilización más precisas.

En éste trabajo se estudia la evolución de las concentraciones de los elementos N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, y Zn en las hojas del cultivo del chile durante su ciclo de desarrollo , para determinar sus valores de equilibrio fisiológico.

## OBJETIVOS

Tomando en cuenta las consideraciones anteriores, para este trabajo se fijaron los siguientes objetivos:

1. Estudiar cómo evolucionan las concentraciones de los elementos nutritivos en las hojas de chile (Capsicum spp) a través de su ciclo de vida desde el trasplante hasta los primeros cortes, para estimar las necesidades nutricionales y el vigor de desarrollo del cultivo.
2. Estudiar la relación proporcional que guardan los elementos nutritivos entre sí para proponer un valor constante que sirva de índice para el diagnóstico del estado nutritivo de la planta, y que nos permita hacer recomendaciones de fertilización.



## 2. REVISION DE LITERATURA.

La revisión de literatura se realizó, tomando en cuenta los objetivos que persigue este trabajo.

### 2.1. Principales funciones de los nutrimentos N, P, K, Ca, Mg, y Zn en el metabolismo vegetal.

Russell, (1973) señala que las plantas verdes sintetizan sus compuestos orgánicos a partir de substancias simples que toman del aire y del suelo. Las plantas al igual que los otros organismos tienen sus tejidos formados de carbohidratos, grasas-proteínas y nucleoproteínas; para que sus tejidos funcionen - requieren gran cantidad de enzimas. Por lo tanto, las plantas necesitan grandes cantidades de carbono, oxígeno, hidrógeno, - nitrógeno, fósforo y azufre para formar sus tejidos, y pequeñas cantidades de hierro, manganeso, zinc, cobre, boro, molibdeno y algunas veces cobalto, para formar sus enzimas; necesitan potasio, magnesio, calcio y a veces sodio, cloro y algunos otros electrolitos para el funcionamiento de sus tejidos, para formar enzimas y para otros propósitos. Otros elementos como el sílice y el aluminio pueden ser necesarios, y de hecho - existen en los tejidos de las plantas desarrolladas en el campo, aunque a la fecha no se ha descubierto su papel específico en el crecimiento y desarrollo.

Uexküll (1973) indica que las plantas requieren para su crecimiento y desarrollo 18 elementos esenciales: Carbono,

oxígeno, hidrógeno, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio, azufre, boro, cobre, hierro, zinc, manganeso, molibdeno, cobalto, sodio y cloro; aclara que los 2 o 3 últimos elementos mencionados, son considerados por algunos autores como innecesarios.

De acuerdo con Arnon (1950), citado por Ortíz (1977), se les llama elementos esenciales debido a que la deficiencia de uno o más de éstos, imposibilita y dificulta completar el ciclo vegetativo de la planta.

Los elementos esenciales son agrupados de acuerdo con la cantidad que requieren las plantas de ellos en:

a) Macronutrientes o macroelementos, que son tomados por las plantas en cantidades relativamente mayores que los otros elementos y son divididos en primarios y secundarios.

Dentro de los primarios se incluyen al N, P y K, y dentro de los secundarios al S, Mg, Ca.

b) Micronutrientes, oligoelementos o microelementos, dentro de éste grupo quedan los otros elementos como son Fe, Cu, Zn etc. (Ortíz).

Cada elemento desempeña un papel específico dentro de la planta. A continuación se revisan las funciones de los elementos estudiados en este trabajo:

#### Nitrógeno :

Como indican Uexküll y Jacob (1973), la vida no sería posible sin la existencia del nitrógeno. Todos los procesos

vitales están asociados a la existencia de un plasma funcional que presenta al nitrógeno como compuesto característico; además de presentarse como constituyente de gran número de compuestos de singular importancia fisiológica en el metabolismo vegetal, tales como la clorofila, los nucleótidos, fosfátidos, alcaloides, enzimas, hormonas y vitaminas.

De acuerdo con Russell (1973) también menciona que cuando aumenta la concentración del nitrógeno en las hojas en relación a los otros nutrimentos, se producen cantidades extras de proteínas ocasionando un aumento en la superficie de las hojas, siendo más eficiente para la fotosíntesis.

Cuando la fertilización con nitrógeno es abundante la planta es estimulada para sintetizar proteínas, empleando la mayor parte de los carbohidratos para tal fin, por lo que reduce la síntesis de carbohidratos de elevado peso molecular, tales como pectato de calcio, celulosanas, celulosa y lignina con bajo contenido de nitrógeno, que forman parte de los tejidos de consistencia. Como consecuencia las plantas se hacen susceptibles al encamado y poco resistentes a los cambios climáticos y al ataque de plagas y enfermedades.

Tisdale y Nelson (1977) mencionan que la deficiencia de nitrógeno en la planta disminuye la síntesis de proteínas y clorofila inhibiéndose la formación de carbohidratos y ocasionando que la planta permanezca pequeña y clorótica, acortándose el período vegetativo y acelerándose la floración y la fructificación.

Por otra parte, Uexküll y Jacob (1973) indican que recientemente se ha comprobado, que la planta puede absorber ciertos compuestos nitrogenados de elevado peso molecular, como los aminoácidos por vía radicular o foliar ; que la urea puede ser asimilada rápidamente por vía foliar y transformada a la amoniacal por la enzima ureasa que contienen los vegetales.

#### Fósforo :

El fósforo, al igual que el nitrógeno es un elemento constituyente de todas las células vivas (Millar et al. 1980).

Uexküll (1973) menciona que el fósforo ocupa una función central en el metabolismo vegetal, por ser básicamente un elemento energético, regula los procesos anabólicos y catabólicos de los carbohidratos.

Russell (1973) indica que el fósforo juega un papel importante en gran número de reacciones enzimáticas que dependen de la fosforilación y que probablemente esta sea la razón por la cual el fósforo es un constituyente del núcleo celular y es esencial para la división y desarrollo de los tejidos meristemáticos. Russell señala además, que las plantas toman el fósforo casi exclusivamente en forma de iones inorgánicos, principalmente como ácido fosfórico y en segundo lugar como fosfato ácido. Los meta y perofosfatos empleados como fertilizantes probablemente son hidrolizados a ortofosfatos antes de ser absorbidos.

Tisdale y Nelson (1977) señalan que no obstante la importancia del fósforo en el metabolismo celular, este elemento se encuentra por lo general en menor concentración con relación al nitrógeno y al potasio. Más adelante agregan que un exceso de fertilización fosfórica puede acelerar la madurez a costo del crecimiento vegetativo; y por otra parte, las plantas con deficiencias de fósforo, presentan hojas y tallos pequeños con coloraciones verde rojizas, café rojizas, purpúreas o bronceadas, y retardan la floración y maduración del fruto y de la semilla.

#### Potasio :

Uexküll y Jacob (1973) señalan con relación al potasio que a pesar de ser éste uno de los elementos primarios que las plantas requieren en mayor cantidad, hasta la fecha no se ha aclarado por completo sus funciones en la planta, probablemente porque no forma compuestos orgánicos celulares. Indican estos autores, que el potasio se encuentra en estado soluble en el jugo celular o bien absorbido en el protoplasma, pudiéndose extraer en forma casi total de los tejidos vegetales por medio del agua. El potasio se puede encontrar en mayor concentración en las zonas de mayor actividad de crecimiento y división celular.

Con respecto a las funciones del potasio en las plantas Russell (1973) dice que a diferencia del nitrógeno y el carbono, el potasio no forma parte de los compuestos sintetizados por la planta; regula la síntesis de aminoácidos y proteínas a partir de iones amonio, en plantas con deficiencia de potasio puede observarse la acumulación de iones amonio en las hojas. Probablemente también interviene este elemento en los procesos

de fotosíntesis, una acumulación de potasio en las hojas disminuye la asimilación del bióxido de carbono. Con relación al nitrógeno, el potasio actúa como un corrector de los efectos dañinos causados por ese elemento, por lo cual se recomienda aplicar potasio cuando se emplean fertilizantes ricos en nitrógeno. El potasio es absorbido por las plantas en forma de catión monovalente.

Tisdale y Nelson (1977) mencionan que una de las principales funciones del potasio es regular la economía de la planta en la respiración y transpiración y mantiene la turgencia fisiológica de los coloides del plasma celular. Por otra parte el potasio regula la actividad de diversas enzimas y fermentos que intervienen en la síntesis y transporte de azúcares, proteínas y lípidos.

Uexküll y Jacob (1973) con respecto al efecto favorable del potasio en los cultivos indican, que éste elemento favorece el desarrollo radicular en los cultivos de tubérculo, aumentan el contenido de azúcares, almidones y aceites y mejora la calidad del producto en cuanto a sabor, color y tamaño del fruto.

Con relación a síntomas de deficiencia, Tisdale y Nelson (1977) señalan que primeramente se manifiesta por el amarillamiento de los ápices y márgenes foliares adultos. En deficiencias más agudas el amarillamiento avanza hacia el centro o hacia la base de la hoja, las zonas amarillentas se hacen

necróticas y mueren cuando las deficiencias son mayores, adquieren una coloración café rojiza o café parduzca. El color amarillo o la zona necrosada queda perfectamente delimitada se las zonas de tejido sano.

#### Calcio :

Uexküll y Jacob (1973) dicen que la mayor parte del calcio se encuentra soluble en el plasma celular o formando compuestos poco estables. Como elemento estructural sólo se encuentra formando parte de la pared celular como pectina. Indican además, que el calcio al igual que el potasio realiza funciones de tipo químico-coloidales, regula el estado de turgencia del plasma coloidal y la economía acuosa de la planta. Estos autores indican que el calcio es absorbido en forma iónica.

Russell (1973) señala que el calcio se acumula en los tejidos de las plantas probablemente porque forma parte de la lámina media de la pared celular.

Por su parte Ortíz (1977) considera que entre las funciones del calcio dentro de la planta está, neutralizar los ácidos orgánicos que se forman y cita como ejemplo la formación de oxalato de calcio a partir del ácido oxálico; además indica que el calcio se encuentra ligado íntimamente con los meristemas del crecimiento apical.

En cuanto a los síntomas de deficiencia debidos al calcio, Millar (1971) mencionan las malformaciones y desintegración de la parte terminal de la planta; apuntan además, que

en el campo es raro observar estos síntomas.

#### Magnesio :

El magnesio es un elemento que se encuentra en todas las plantas verdes porque forma parte de la clorofila, como lo señala Russell (1973), y parece estar relacionado con la síntesis de sustancias orgánicas fosfatadas, aceites y lecitina.

Uexküll y Jacob (1973) mencionan que el magnesio es absorbido como catión divalente, y que realiza funciones químico-coloidales al igual que el calcio y el potasio, aunque sus funciones no han sido del todo aclaradas hasta la fecha.

Con respecto a los síntomas de deficiencias ocasionados por este elemento, los mismos autores señalan que las hojas adultas son las primeras en presentar dichos síntomas debido a la poca movilidad del magnesio, comienza con una clorosis a manera de moteado o listado entre las nervaduras que permanecen verdes y posteriormente esto se extiende a las hojas jóvenes.

#### Fierro :

De acuerdo con V. Uexküll y Jacob (1973) el fierro es un constituyente esencial de varias enzimas, tales como fermentos de respiración, citocromo-oxidasa, catalasas, dipectidasas, etc., y desempeña un papel importante como catalizador de diversas reacciones de óxido-reducción como la respiración y la fotosíntesis y la reducción de nitratos y sulfatos. Interviene en la síntesis de la clorofila.



Russell (1973) indica que el fierro es mejor absorbido por las plantas en forma de ión divalente.

Los síntomas de deficiencia de fierro, señala Millar, et al. (1971) , son más frecuentes en plantas que crecen en suelos calcáreos o alcalinos, y se detecta por el amarillamiento de las hojas jóvenes entre las nervaduras observandose éstas últimas de color más obscuro.

#### Manganeso :

Con respecto a las funciones del manganeso en las plantas, Tisdale y Nelson (1977) mencionan que este elemento al igual que el fierro es imprescindible en la formación de la clorofila, interviene en la reducción de los nitratos y en las reacciones de oxido-reducción durante la respiración. También es catalizador de numerosos procesos metabólicos, tales como la síntesis de proteínas y formación de vitamina C.

Estos mismos autores señalan que las plantas absorben el manganeso como ión divalente manganoso.

Con respecto a los síntomas de deficiencia de manganeso Uexküll y Jacob (1973) indican que se manifiestan como una clorosis similar a la del magnesio. Sillanpää (1972) menciona en términos generales una decoloración de verde pálido a amarillo, o manchas cloróticas de tejido muerto entre los nervios verdes de las hojas jóvenes, a veces son similares a las deficiencias de fierro y magnesio.

## Zinc :

Uexküll y Jacob (1973) al referirse al papel del zinc en las plantas explican, que no se conoce mucho acerca de las funciones específicas del zinc, pero que los síntomas que producen las deficiencias de este elemento resaltan su importancia en el metabolismo vegetal.

Al respecto, Sillanpää (1972) menciona que el papel principal del zinc es como activador metabólico de enzimas.

Por su parte Tisdale y Jacob (1973) indican que el zinc es absorbido por las plantas en forma de ión divalente y también señalan que el papel de este elemento es como metal activador de enzimas tales como la enolasa, aldolosa, descarboxilasa oxalacética, lecitinasa, cistefina desulhidrasa, etc. Con relación a los síntomas de deficiencia, éstos mismos autores indican que son muy variados dependiendo del tipo de cultivo , pero en general los síntomas empiezan en las hojas jóvenes con una clorosis internervial seguida por una gran reducción del crecimiento de los brotes, haciendo que las hojas queden dispuestas en roseta.

Se ha observado que en algunos cultivos el exceso de zinc causa toxicidad.

### 2.2. Traslocación de los nutrimentos en la planta.

Con relación al movimiento de los nutrimentos en la planta, Tiffin (1983) citado por Mortvedt et al. (1983), menciona que durante la etapa vegetativa se produce un movimiento de los elementos nutritivos en varias direcciones,

de las raíces hacia las hojas, de las hojas hacia las raíces, de las hojas hacia las hojas, y finalmente las raíces y las hojas de las plantas en maduración envían nutrimentos a las semillas.

El mismo autor señala más adelante que el transporte de los iones puede ser influenciado por la competencia entre ellos, especialmente cuando uno de ellos excede las concentraciones normales.

A este respecto Millar et al. (1971) mencionan que la translocación de muchos nutrimentos y alimentos es un proceso continuo en el crecimiento de la planta y los diferentes órganos tienen diferente prioridad por los materiales; la producción de frutas o semillas tiene la más alta prioridad.

En forma sintetizada Ortiz (1977) separa a los nutrimentos esenciales en dos grupos según su movilidad: Entre los elementos móviles o con mayor movilidad menciona al nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y azufre; y en el grupo de los elementos inmóviles o con menor grado de movilidad al calcio, manganeso, hierro, cobre y boro.

Sobre el mismo tema Esteban y Aguilar (1976), trabajando con cultivos de papa, encuentran que las concentraciones de los elementos nitrógeno, fósforo y potasio en las hojas varían notablemente en relación con el crecimiento del cultivo, pero en general se observa una disminución

significativa de éstos. Por otro lado, las concentraciones de calcio y magnesio en las hojas del mismo cultivo aumentan notablemente con relación al crecimiento.

### 2.3. Interacciones entre los nutrimentos.

Tisdale y Nelson (1977), señalan que en suelos ácidos en donde el fierro y el zinc pueden existir solubles en altas concentraciones, se pueden observar deficiencias de fósforo debido a que al reaccionar con éste último, producen compuestos insolubles. Un exceso de fósforo podría ocasionar deficiencias de fierro y zinc por las mismas razones, pero es muy raro encontrar suelos con exceso de fósforo.

Los mismos autores indican que, en las leguminosas la falta de fósforo puede ir acompañada por una deficiencia de nitrógeno debido a que bajas cantidades de fósforo afectan el desarrollo de las bacterias nodulares fijadoras de nitrógeno.

El potasio desempeña un papel importante antagónico al nitrógeno, indica Uexküll y Jacob (1973); debido a que el potasio regula la absorción y la reducción de los nitratos en la planta, un exceso de potasio puede ocasionar un efecto fisiológico similar a la deficiencia de nitrógeno y viceversa. Estos autores señalan también que el suministro adecuado de potasio puede corregir frecuentemente el efecto perjudicial ocasionado por un exceso de nitrógeno en la planta, por lo que es importante que exista una rela-

ción balanceada nitrógeno-potasio en la nutrición vegetal.

Un exceso de potasio y de amonio en el suelo puede ocasionar o acentuar las deficiencias de magnesio. Por otra parte, existe un efecto antagónico entre el calcio y potasio en los suelos, los suelos calcáreos ricos en calcio pueden ser pobres en potasio aprovechable. Más adelante estos mismos autores mencionan que las deficiencias de potasio pueden provocar deficiencias fisiológicas de fierro que se aprecian por los síntomas de clorosis en las hojas de las plantas.

Tisdale y Nelson (1977) indican que el exceso de calcio en la planta inhibe la asimilación de potasio, por lo que debe existir una relación óptima potasio-calcio dentro de la planta. También mencionan que el calcio en altas concentraciones en la planta puede inducir deficiencias de potasio, fierro, manganeso y zinc.

Relacionado con este tema Uexkull y Jacob (1973) mencionan que parece ser que el magnesio fomenta la asimilación y traslocación del fósforo. Los iones nitrato fomentan la asimilación del magnesio mientras que los iones amonio, potasio y calcio en altas concentraciones la restringen.

Russell (1973) por su parte señala que el exceso de calcio o de fósforo en el suelo puede producir la precipitación de fierro en compuestos insolubles. En las plantas un exceso de los iones calcio, cobre y manganeso pueden ocasionar deficiencias fisiológicas de fierro.

Sillampá (1972) también indica que la abundancia de iones calcio o fosfato en la planta o bien, la deficiencia de iones potasio, ocasionan la deficiencia fisiológica del fierro. En estos casos la deficiencia fisiológica de fierro se podría corregir con aplicaciones de potasio.

Uexküll y Jacob (1973) por su parte mencionan que el fierro y el potasio se encuentran íntimamente relacionados, la deficiencia de potasio puede ocasionar la acumulación de fierro en los tejidos en forma iónica. El potasio ayuda a la traslocación del fierro en la planta; y bajo ciertas circunstancias las deficiencias de potasio se pueden reducir suministrando fierro.

Con relación al manganeso Tisdale y Nelson (1977) señalan que éste es necesario para la reducción de los nitratos; y que un exceso de manganeso puede ocasionar deficiencias de fierro, aunque esta deficiencia puede también ser simultánea.

Tuyman (1951), citado por Sillampá (1973) señala el antagonismo que existe entre fierro y manganeso y afirma que se ha demostrado que la relación fierro-manganeso afecta más el crecimiento de la planta, que la concentración absoluta de éstos, y que dicha relación podría ser un índice importante para determinar el crecimiento y la producción de un cultivo.

Sillampá (1972) menciona que se han comprobado defi-

ciencias de zinc ocasionadas por la aplicación de dosis elevadas de fósforo, que el hierro puede disminuir la absorción de zinc, y que en ciertas ocasiones las altas concentraciones de calcio también producen deficiencias de zinc.

#### 2.4. Análisis foliar, equilibrio fisiológico e índice vegetativo.

El análisis de las plantas como un medio para determinar las necesidades de nutrimentos en el suelo no es un tema nuevo, Tisdale y Nelson (1977) consideran que podría considerarse a Von Liebig (1840) como el iniciador de este tipo de análisis.

Jones (1983) en Mortvedt, et al. (1983) señala que se debe a Weinhold (1862), la idea de utilizar el análisis de plantas como un índice del suplemento de nutrimentos disponibles en el suelo.

Teuscher y Adler (1980) consideran que mediante el análisis de las plantas no es fácil determinar la cantidad de elementos disponibles en el suelo debido a la complejidad de los factores que intervienen, sin embargo, los mismos autores recomiendan la combinación de los análisis de tejidos vegetales y de suelos para establecer con bases científicas las causas de las deficiencias.

Sillampä (1973) y Hauser (1980) coinciden al afirmar que de manera general los análisis de plantas y suelos por sí mismos no indican la cantidad de nutrimentos que se de-

ben agregar al suelo o directamente al cultivo para corregir las deficiencias. Afirman que es necesario realizar pruebas de correlación y calibración de los análisis con la respuesta de los cultivos a las aplicaciones de los nutrimentos estudiados.

Jones (1983), et al. mencionan que algunos autores han basado la interpretación de los análisis de plantas en los llamados valores críticos con los valores estandar. Indica que se le llama valor crítico a aquella concentración de nutrimentos por debajo de la cual se presentan síntomas de deficiencia, y valor estandar es aquel que se obtiene a partir del análisis de gran número de hojas de un cultivo sano con índice de producción normal.

El mismo autor señala que tanto el valor crítico como el valor estandar son valores únicos, absolutos, y que son variables según las condiciones ambientales del cultivo por lo que existen grandes limitaciones para su interpretación.

Por otra parte, Esteban (1975) revisa los valores críticos de los macronutrimentos primarios N, P y K publicados por numerosos autores para los cultivos de olivo, manzano, naranja, limón y melocotonero y encuentra que dichos valores presentan una relación proporcional, casi constante cuando se analiza la relación  $\%N + \%10P + \%K + 100\%$ . A dicha relación le llama equilibrio fisiológico de los elementos y propone los valores para el equilibrio de 50: 30: 20 para



dichos elementos.

El mismo autor señala, que los valores del equilibrio fisiológico son casi constantes y son independientes de la especie vegetal, de la edad de la planta y de las condiciones ambientales.

Recalde y Esteban (1966) citados por Esteban (1975) propusieron emplear la expresión N: 10P: K para indicar las condiciones de equilibrio fisiológico y explican la conveniencia de expresar los valores de fósforo como 10P debido a la importancia que tiene este elemento y a la menor concentración en que se encuentra con respecto a los otros elementos.

Palacios, et al. (1978) encuentran que existe una relación de equilibrio fisiológico entre los elementos Ca: K: Mg. con valores de 50: 35: 15 para el cultivo de papa.

Posteriormente Mazuelos, et al. (1979) trabajando con olivo determinan los valores para el equilibrio fisiológico entre los microelementos Fe: Mn: Zn siendo éstos de 50: 30: 20 con un coeficiente de variación  $\pm 10\%$ .

Los mismos autores indican que para que se cumpla el equilibrio fisiológico deben existir las condiciones siguientes:  $N > 10P > K$ ,  $Ca > K > Mg$  y  $Fe > Mn > Zn$ .

Estos autores indican además la conveniencia de emplear los datos de los equilibrios fisiológicos junto con los análisis del suelo, para detectar y explicar las deficiencias en los cultivos, ya que el diagnóstico puede ser realizado

en cualquier edad de la planta con tiempo suficiente para aplicar las prácticas correctivas.

Esteban y Aguilar (1976) en cultivos de papa encuentran correlaciones significativas entre los equilibrios fisiológicos y los rendimientos.

Según Pijoan (1976) citado por Palacios, et al. (1978) el índice vegetativo (I.V.) representa la actividad metabólica de la planta y lo expresa mediante la ecuación siguiente:

$$I.V. = \frac{0.365 (N + 10P + K)}{Ca + Mg}$$

en donde las concentraciones de los nutrimentos se expresan en por ciento. El autor indica que el índice vegetativo disminuye continuamente a través del tiempo con el desarrollo de la planta y que cualquier alteración que se produzca corresponderá a anomalías metabólicas de la planta que pueden coincidir o no con estados fisiológicos bien definidos.

Palacios, et al. (1978) estudian la evolución (I.V.) de dos variedades de aguacate y concluyen que es útil conocer el I.V. de los cultivos, como un auxiliar para determinar requerimientos nutricionales del cultivo en diferentes etapas de su desarrollo.

### 3. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Análisis físico y químico del suelo.

##### 3.1.1. Muestreo:

Se tomaron muestras de suelo de cada una de las parcelas de chile; 2 parcelas en Xochimilco, D.F. y 8 en Tula Hgo. a las cuales se les asignaron las claves X1, X2 y T1, T2, T3... ..T8 respectivamente.

El muestreo se realizó trazando una línea en zig-zag a lo largo de cada parcela, tomando una muestra de la capa arable (0-30 cm) cada 5 m de distancia, luego se conjuntaron las muestras para realizar una mezcla de la cual se tomó una muestra representativa de 2 Kg por parcela.

##### 3.1.2. Preparación de las muestras:

Se guardaron las muestras de suelo en bolsas de polietileno con sus respectivos datos para ser llevadas al laboratorio en donde fueron secadas a temperatura ambiente, - posteriormente se tamizaron en un tamiz con malla de 2 mm eliminando así piedras y partículas mayores, para realizar así los análisis.

Las muestras de suelo se tomaron cuando las plantas habían sido recién trasplantadas en Xochimilco y en Tula, antes de la primera cosecha.

##### 3.1.3. Método de Análisis de Suelos:

Las técnicas aplicadas en este trabajo son aquellas más comunes que se recomiendan a nivel internacional. (Jackson, 1970; Black, et al. 1965; Richards, 1973; Personal del Soil Conservation Service, 1973; De la Teja, 1983). Las determinaciones se hicieron por duplicado para cada muestra.

#### ANALISIS QUIMICOS

1. Reacción del suelo o pH.- Determinación por medio del potenciómetro. Se empleó un potenciómetro Corning Mod. 7 y agua destilada en relación suelo:agua de 1:25.
2. Materia Orgánica.- Determinación por el método de Walkley y Black, modificado por Walkley (1947) para determinar %C orgánico.
3. Capacidad de Intercambio Catiónico total.- Determinación mediante el método de saturación con una solución de acetato de sodio (N de pH 7.0 y cuantificando el sodio por flamometría).
4. Conductividad eléctrica en el extracto de Saturación.- determinación empleando un puente de conductividad eléctrica Beckman.
5. Carbonatos y Bicarbonatos en el extracto de Saturación.- Determinación por titulación con ácido clorhídrico.
6. Cloruros en el extracto de Saturación.- Determinación por titulación con nitrato de plata 0.005 N.

7. Nitrógeno total.- Determinación mediante el método de Kjeldahl que incluye nitratos.
8. Fósforo disponible.- Método de Olsen (extracción con solución de bicarbonato de sodio 0.5 M de pH 8.5) para los suelos de Tula, Hgo. Método de Nelson (extracción con mezcla de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico diluidos) para los suelos de Xochimilco, D.F.
9. Potasio fácilmente aprovechable o intercambiable.- Por extracción con acetato de amonio 1N de pH 7.0 y flourometría.
10. Calcio y Magnesio.- Extracción con acetato de amonio 1N de pH 7.0 y titulación con EDTA.
11. Fe, Mn y Zn por extracción con una solución de HCl 1N y cuantificación por espectrofotometría de absorción atómica.

#### ANALISIS FISICOS

1. Textura.- Método simplificado del hidrómetro de Bouyoucos.
2. Densidad aparente.- Método de laboratorio por medio del peso de un volumen de suelo en una probeta.
3. Color en seco y en húmedo por comparación con la tabla de colores de Munsell.

extremadamente ricos en materia orgánica de (12.90 a 23.98%); son suelos francos con buenas condiciones de porosidad como lo demuestra su baja densidad aparente ( 0.80 a 0.56' g/cm<sup>3</sup>); ligeramente ácidos, con un pH de 6.2 en una relación suelo-agua de 1:2.5; presentan una capacidad de intercambio catiónico total muy alto (106.8 a 108.6 me/100 g) probablemente relacionados con el alto contenido de coloides orgánicos.

La conductividad eléctrica del extracto de saturación de estos suelos es alta, de 8.02 y 10.86 mmhos/cm a 25°C respectivamente, las cuales corresponden a suelos fuertemente salinos, con altas concentraciones de cloruros y bajas concentraciones de carbonato y bicarbonatos.

En cuanto a su contenido de elementos nutritivos, son suelos muy fértiles pues presentan altas concentraciones de nitrógeno total, aunque no se determinó nitrógeno disponible, son ricos en fósforo, potasio, calcio y magnesio aprovechables, así como los microelementos fierro, manganeso y zinc.

Por otra parte, los suelos de las parcelas de Tula, Hgo., señaladas con las claves 1T, 2T, 3T.....8T, presentan coloraciones mas claras que los suelos de Xochimilco, son pardo grisáceos cuando estan secos y pardo oscuros en húmedo; presentan menos contenido de materia orgánica pero también se consideran como ricos (de 3.48 a 4.76% M.O.). Son suelos de textura media, migajón arcillo arenosos, con buena porosidad, su densidad aparente es ligeramente baja con relación a la

media ( $1.25 \text{ g/cm}^3$ ). ( $1.07$  a  $1.16 \text{ g/cm}^3$ , densidad aparente).

En cuanto a su pH, estos suelos son clasificados como ligeramente alcalinos ( $7.6$  a  $7.8$ ), excepto la parcela 6T que corresponde a un suelo moderadamente alcalino con un pH de  $7.9$ . De acuerdo con las indicaciones del Manual de conservación de suelos y aguas del Colegio de Postgraduados de Chapingo (1977) tanto los suelos ligeramente ácidos como los ligeramente alcalinos son manejados dentro del grupo de suelos neutros ( $6.1$  a  $7.8$ ) para fines prácticos.

Los suelos de Tula también presentan una alta capacidad de intercambio catiónico total, entre  $83.7$  y  $111.62 \text{ me/100g}$ , favorable desde el punto de vista de fertilidad.

La conductividad eléctrica de estos suelos oscila entre  $0.87$  y  $4.00 \text{ mmhos/cm}$  a  $25^\circ\text{C}$ , de acuerdo con Richards (1977), estos valores se encuentran dentro del límite de los suelos normales, es decir, sin problemas de salinidad; y según Pizarro (1978) las conductividades eléctricas de  $0$  a  $2 \text{ mmhos/cm}$  corresponden a suelos normales y de  $2.1$  a  $4 \text{ mmhos/cm}$  corresponden a suelos ligeramente salinos que afectarán el rendimiento de cultivos sensibles.

Los valores de conductividad eléctrica encontrados probablemente son causados por las altas concentraciones de carbonatos ( $4$  a  $80 \text{ me/et}$ ) principalmente, ya que su contenido de cloruros es bajo ( $0.6$  a  $1.6 \text{ me/et}$ ), y no se encontraron bicarbonatos solubles con excepción de la parcela 5T con  $4 \text{ me/et}$ .

Estos suelos corresponden a Rendzimas según la clasificación FAO-UNESCO, abundantes en esta zona, formados a partir de material parental calcáreo.

Se trata también de suelos fértiles, como se puede apreciar en sus contenidos de elementos esenciales disponibles altos. Algunos suelos calcimórficos suelen tener problemas de disponibilidad de hierro, manganeso y zinc, y a veces de fósforo cuando el pH es mayor de 8.0 y cuando contienen mayores cantidades de calcio y magnesio, pero éste no es el caso de los suelos que se estudiaron.

#### 4.2. Análisis foliar.

A continuación se presentan y analizan los resultados obtenidos de las determinaciones de los nutrimentos en las hojas de dos cultivos de chile serrano de Xochimilco, D.F. marcados como 1X y 2X.

Como se puede apreciar en los cuadros 4, 5, 6, 7, 8 y 9, los contenidos de nutrimentos expresados en por ciento de materia seca varían notablemente con respecto al tiempo de la toma de la muestra en los dos cultivos.

Para el nitrógeno se obtienen valores que oscilan entre 5.48 y 8.79% en el cultivo 1X y entre 5.42 y 9.49% en el 2X.

Los valores de fósforo se presentan elevados 10 veces en su valor de por ciento de materia seca para poder analizar las condiciones de equilibrio fisiológico que se discuten más



CUADRO 4. Resultados de los análisis de N, P y K en hojas de Chile serrano de la parcela IX, con relación al tiempo de muestreo.

Tiempo de toma de muestra (días)	CONCENTRACIÓN (% en M.S.)			SUMA	PROPORCIÓN (N+10P+K = 100%)		
	N	10P	K		N%	10P%	K%
0	7.25	5.29	4.57	17.11	42	31	27
15	5.48	4.12	3.87	13.47	41	31	28
30	6.77	4.99	5.35	17.11	40	29	31
45	8.51	5.18	5.86	19.55	44	26	30
60	8.42	9.94	4.21	22.57	37	44	19
75	8.14	9.53	3.68	21.35	38	45	17
90	8.74	9.19	2.14	20.12	44	46	10
SUMA	53.36	48.14	29.78		286	252	162
Promedio	7.62	6.87	4.25		41	36	23
Dev. est $\sigma$	1.19	2.51	1.21		2.83	8.60	7.10
Cocf. var.	14.46	33.77	26.42		6.19	22.11	31.78

CUADRO 5. Resultados de los análisis de N, P y K en hojas de Chile serrano de la parcela 2X, con relación al tiempo de muestreo.

Tiempo de toma de muestra (días)	CONCENTRACIÓN (% en M.S.)			SUMA	PROPORCIÓN (N+10P+K = 100%)		
	N	10P	K		N%	10P%	K%
0	7.81	10.94	2.12	21.87	36	50	14
15	5.42	9.14	2.96	17.52	31	52	17
30	8.64	11.35	3.49	23.48	37	48	15
45	8.31	9.41	3.76	21.48	38	44	18
60	8.27	9.05	3.81	21.13	39	43	18
75	9.49	7.33	4.37	21.19	44	25	21
90	8.08	11.14	2.49	22.66	36	49	15
SUMA	56.02	68.36	24.45		261	321	118
Promedio	8	9.76	3.56		37	46	17
Dev. est $\sigma$	1.260	1.457	.4710		3.904	5.757	2.410
Cocf. var.	14.55	13.82	12.25		9.69	11.60	13.23

Cuadro 6. Resultados de los análisis de K, Ca y Mg en hojas de Chile serrano de la parcela IX, con relación al tiempo de muestreo.

Tiempo de toma de muestra (días)	CONCENTRACIÓN (% en H.S.)			SUMA	Proporción (K+Ca+Mg = 100%)		
	K%	Ca%	Mg%		K%	Ca%	Mg%
0	4.57	2.296	1.760	8.626	48	34	18
15	3.87	1.168	1.438	6.476	60	18	22
30	5.35	1.135	1.238	7.723	69	15	16
45	5.86	1.309	1.224	8.493	69	15	16
60	4.31	0.993	1.507	6.810	63	15	22
75	3.68	1.237	1.391	6.398	58	20	22
90	2.14	1.280	1.416	4.846	44	27	29
SUMA	29.78	10.52	10.06	50.37	411	144	145
Promedio	4.25	1.49	1.43	7.196	58	21	21
Desv. Estándar	1.213	.7989	.1677		9.69	7.32	4.57
Coef. Variación	26.42	49.19	10.69		15.27	32.91	20.42

Cuadro 7. Resultados de los análisis de K, Ca y Mg en hojas de Chile serrano de la parcela IX, con relación al tiempo de muestreo.

Tiempo de toma de muestra (días)	CONCENTRACIÓN (% en H.S.)			SUMA	Proporción (K+Ca+Mg = 100%)		
	K%	Ca%	Mg%		K%	Ca%	Mg%
0	2.12	2.64	1.1346	6.8946	45	38	17
15	2.96	1.423	1.4007	5.7837	51	25	24
30	3.49	1.319	1.5327	6.2417	55	21	24
45	3.76	1.396	2.1193	7.2753	52	19	29
60	3.81	1.261	1.3089	6.3719	60	20	20
75	4.37	1.007	1.2533	6.6303	66	15	19
90	3.44	1.458	1.4477	6.3457	54	23	23
SUMA	24.95	10.50	10.19		383	161	156
Promedio	2.56	1.50	1.44		55	23	22
Desv. Estándar	.471	.485	.526		6.73	7.23	3.99
Coef. Variación	12.24	32.33	20.41		11.36	29.47	16.56

CUADRO 8. Resultados de los ANÁLISIS de Fe, Mn y Zn en hojas de Chile serrano de la parcela IX, con relación al tiempo de MUESTREO.

Tiempo de toma de muestras (días)	CONCENTRACIÓN % M.S.			SUMA	PROPORCIÓN % M.S.		
	Fe	Mn	Zn		Fe	Mn	Zn
0	.074	.0457	.013	.1335	55	34	11
15	.0275	.0123	.005	.0443	60	29	12
20	.0140	.0096	.009	.0335	43	30	27
45	.0153	.0105	.012	.0378	41	29	31
60	.0240	.0097	.012	.0457	53	21	26
75	.0129	.0250	.007	.0459	21	54	15
90	.0102	.0210	.007	.0382	27	56	19
SUMA	.1781	0.133	.065		310	250	140
Promedio	.025	.019	.009		44	36	20
Desv. Estándar	.022	.013	.003		12.42	13.40	7.96
Coef. VARIACIÓN	80.30	5.23	31.11		28.94	34.72	36.8

CUADRO 9. Resultados de los ANÁLISIS de Fe, Mn y Zn en hojas de Chile serrano de la parcela IX, con relación al tiempo de MUESTREO.

Tiempo de toma de muestra (días)	CONCENTRACIÓN % M.S.			SUMA	PROPORCIÓN % M.S.		
	Fe	Mn	Zn		Fe	Mn	Zn
0	.0132	.0448	.014	.0740	21	60	19
15	.0128	.0225	.009	.0443	29	50	21
20	.0182	.0297	.009	.0579	29	55	16
45	.0156	.0300	.008	.0536	29	36	15
60	.0166	.0217	.006	.0443	27	49	14
75	.0197	.0092	.011	.0399	49	23	28
90	.0129	.0113	.012	.0361	36	31	33
SUMA	0.1078	.1692	.069		230	324	146
Promedio	.016	.024	.0098		33	46	21
Desv. Estándar	.002	.012	.0027		8.88	12.88	7.150
Coef. VARIACIÓN	13.63	46.77	24.48		26.04	27.74	31.75

adelante. Los contenidos de fósforo en las hojas oscilan según el tiempo de muestreo, de 0.412 a 0.984% en 1X y de 0.733 a 1.135% en 2X.

De la misma manera los contenidos de potasio oscilan entre 2.14 y 5.86% en 1X y entre 2.96 y 4.37% en 2X.

El calcio oscila entre 0.993 y 3.29% en 1X y entre 1.007 y 2.64% en 2X.

El magnesio presenta valores entre 1.238 y 1.760 en 1X y entre 1.134 y 2.119% en 2X.

Las cantidades de fierro oscilan en el cultivo 1X de 0.0102 a 0.0740%, y en el 2X de 0.0128 a 0.0197%; el manganeso de 0.096 a 0.0457% en el 1X y de 0.0092 a 0.0448 en el 2X; y el zinc oscila entre 0.005 y 0.013% en el 1X y entre 0.006 y 0.014% en el 2X.

En el Soil end Plant Analysis, publicado por A. & L. Agricultural Laboratories, Memphis, Tenn. U.S.A., se indican los siguientes valores críticos para el cultivo del chile: 0.52%P, 5.8%K, 1.5%Ca, 0.56% Mg, 0.9245% Fe, 0.0150% Mn y 0.0043% Zn; para N no se indican valores; no se especifica en que variedad de chile ni a que edad de la planta se determinaron los valores.

En distintos momentos del muestreo del cultivo de chile serrano de la parcela 1X se obtienen valores de nutrimentos que se encuentran dentro de los niveles críticos arriba mencionados; pero esto es incierto debido a que no se especifican

las condiciones de muestreo como la edad de la planta y la variedad del cultivo en las que se realizaron las determinaciones. Los valores determinados para el cultivo del chile de la parcela 2X se encuentran siempre por debajo de los niveles críticos antes mencionados.

Tomando en cuenta las relaciones sinérgicas y antagónicas que existen entre los nutrimentos y en base a los trabajos de Esteban (1975), (1976), Palacios, et al. (1978), y Mazuelos, et al. (1979), se analizaron las proporciones que guardan entre sí los siguientes grupos de elementos: N : 10P : K, K : Ca : Mg, y Fe : Mn : Zn, y su evolución con relación al tiempo de toma de muestra y se encontraron los resultados que se presentan en los mismos cuadros 4, 5, 6, 7, 8 y 9.

En los valores obtenidos para el cultivo de chile serrano 1X las proporciones de N : 10P : K oscilan alrededor de la media 41 : 36 : 23.

En el cultivo 2X las proporciones oscilan alrededor de la media 37 : 46 : 17.

En el primer caso, para 1X, los valores quedan comprendidos dentro de los valores propuestos por los autores arriba mencionados, de 50 : 30 : 20  $\pm 10\%$  y cumplen con la condición de equilibrio en donde los valores deberán ser  $\%N \approx 10P \approx K$ .

Respecto a los valores del cultivo 2X, no se cumplen dichas condiciones, las cantidades de N y 10P rompen el equilibrio señalando posibles deficiencias de N y un exceso de P en la planta.

En cuanto a las proporciones de los elementos K : Ca : Mg, se puede apreciar en los cuadros 6 y 7 que los valores para el cultivo 1X oscilan alrededor de la media 58: 21: 21 y para el cultivo 2X con valores muy semejantes, alrededor de la media 55: 23: 22. En ninguno de los dos casos se cumplen las condiciones de equilibrio, propuestas por los mismos autores de  $\%Ca > \%K > \%Mg$  con valores de 50: 35: 15  $\pm$  10%.

Las proporciones entre los elementos menores Fe: Mn: Zn, como se puede apreciar en los cuadros 8 y 9, en el cultivo 1X oscilan alrededor de la media 44: 36: 20 y en el cultivo 2X alrededor de la media 33: 46: 21.

En el cultivo 1X se cumplen las condiciones de equilibrio propuestas por los autores mencionados, para estos elementos, de 50: 30: 20  $\pm$  10% siendo  $\%Fe > \%Mn > \%Zn$ .

En el cultivo 2X no se cumplen dichas condiciones, rompiendo el equilibrio de las cantidades de Fe y Mn, indicando cantidades deficientes de Fe y un exceso de Mn en la planta.

Para analizar la conveniencia de utilizar las expresiones en proporciones de elementos en lugar de los valores absolutos y únicos de concentración en por ciento de materia seca se calcularon las rectas de regresión y la correlación de dichos valores con relación al tiempo de toma de muestra

para cada elemento. Los resultados obtenidos se concentran en los cuadros 10, 11, 12, 13, 14 y 15. Los mismos resultados se presentaron en forma gráfica para facilitar su comparación en las figuras 1, 2, 3, 4, 5 y 6 respectivamente.

En los cuadros 10 y 11 y figuras 1 y 2 se puede apreciar que las concentraciones de los elementos N, P y K expresados en proporciones tienen valores de correlación con el tiempo de muestreo, más significativos que las correlaciones de los valores expresados en por ciento de materia seca para los dos cultivos 1X y 2X.

Para los valores de K, Ca y Mg se indican en los cuadros 12 y 13, y figuras 3 y 4, los valores de correlación más significativos corresponden a las expresiones de concentración en por ciento de materia seca para el cultivo 1X, y para el cultivo 2X son más significativas las correlaciones de las concentraciones en proporción.

En cuanto a las correlaciones de los valores de Fe, Mn y Zn, que se muestran en los cuadros 14 y 15, figuras 5 y 6, los niveles de correlación más significativos para los cultivos 1X y 2X, corresponden a las expresiones en proporciones.

La evolución de las concentraciones de los nutrimentos en las hojas de los cultivos de chile serrano en relación con la edad de la planta se puede apreciar analizando las pendientes (m) de las rectas de regresión y su representación gráfica.

Cuadro 10 Valores para la recta de regresión y correlación del N, IOP y K en las hojas de Chile serrano de la parcela IX

Tiempo de toma de muestra (días)	CONCENTRACIÓN (% EN M.S.)			Proporción (N + IOP + K = 100%)		
	N	IOP	K	N%	IOP%	K%
0	6.40	3.91	5.15	41.16	26.57	32.23
15	6.81	4.88	4.85	41.06	29.71	29.20
30	7.21	5.86	4.55	40.95	32.86	26.17
45	7.62	6.83	4.25	40.85	36.00	23.14
60	8.02	7.81	3.95	40.74	39.14	20.11
75	8.43	8.78	2.65	40.64	42.28	17.08
90	8.83	9.76	2.25	40.53	45.43	14.05
Pendiente m	+0.027	+0.065	-0.020	-0.007	+0.209	-0.202
Coefficiente correlación r	+0.751	+0.842	-0.564	-0.846	+0.789	-0.829
Nivel de significación	5%	1%	20%	1%	5%	1%

Cuadro 11 Valores para la recta de regresión y correlación del N, IOP y K en hojas de Chile serrano de la parcela 2X

Tiempo de toma de muestra (días)	CONCENTRACIÓN (% EN M.S.)			Proporción (N + IOP + K = 100%)		
	N	IOP	K	N%	IOP%	K%
0	7.10	10.30	3.15	34.31	50.25	15.36
15	7.40	10.12	3.28	35.30	48.85	15.85
30	7.70	9.94	3.42	36.29	47.35	16.35
45	8.00	9.76	3.55	37.28	45.85	16.84
60	8.31	9.58	3.69	38.27	44.35	17.34
75	8.62	9.40	3.82	39.26	42.85	17.83
90	8.92	9.22	3.96	40.25	41.35	18.33
Pendiente m	0.020	-0.0126	+0.009	+0.066	-0.100	+0.033
Coefficiente correlación r	0.5261	-0.2817	+0.6714	+0.553	-0.5628	+0.4191
Nivel de significación	>20%	>20%	10%	20%	20%	>20%



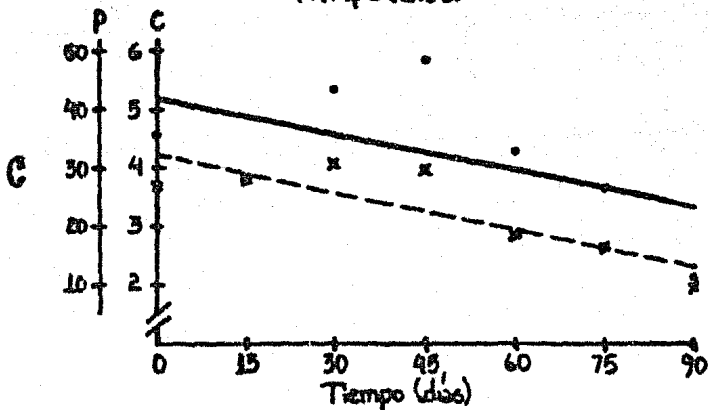
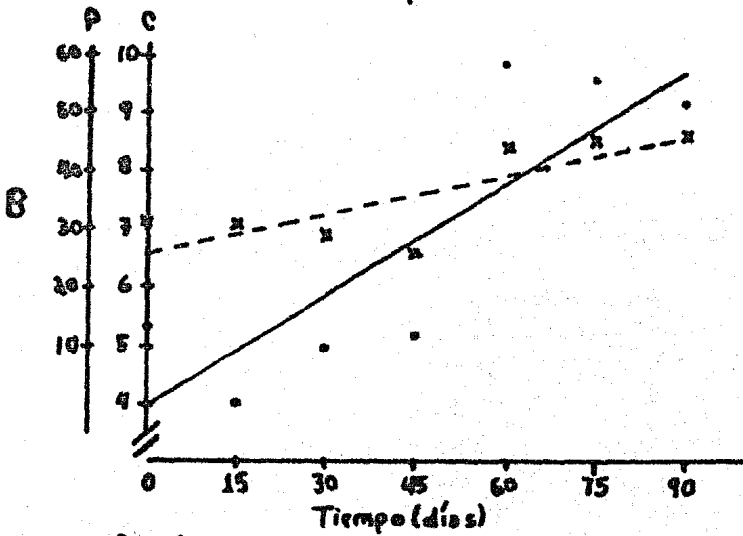
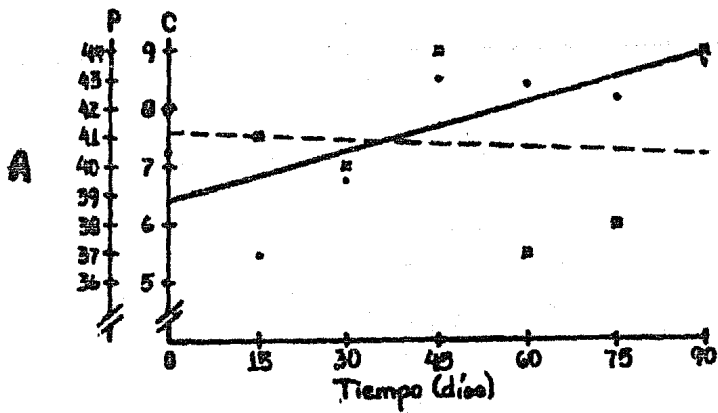
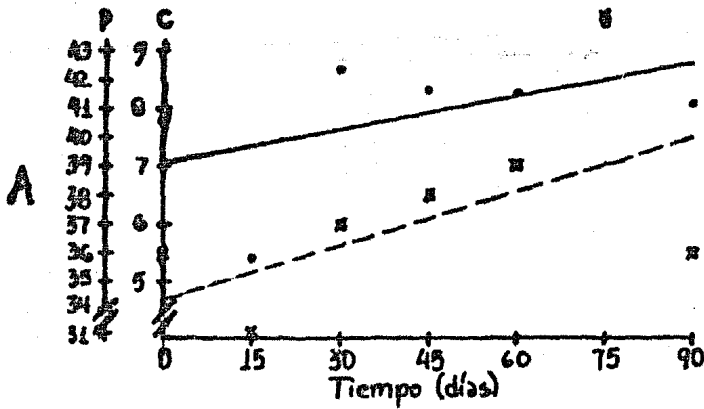


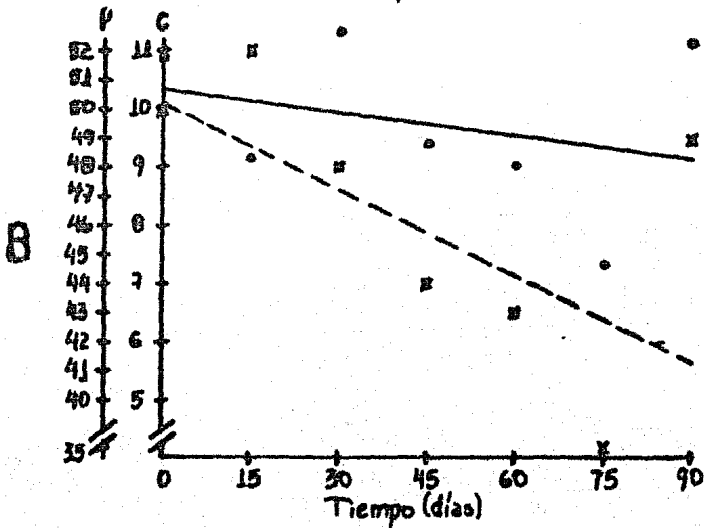
FIGURA 1. CONCENTRACIÓN Y PROPORCIÓN DE N, 10P Y K. REGRESIÓN Y CORRELACIÓN EN RELACIÓN CON EL TIEMPO DE TOMA DE MUESTRA. Parcela Xochimilco No. 1.



N

Concentración  
(C) =  $\frac{\dots}{\dots}$   
 $m = 0.020$   
 $r = 0.526$

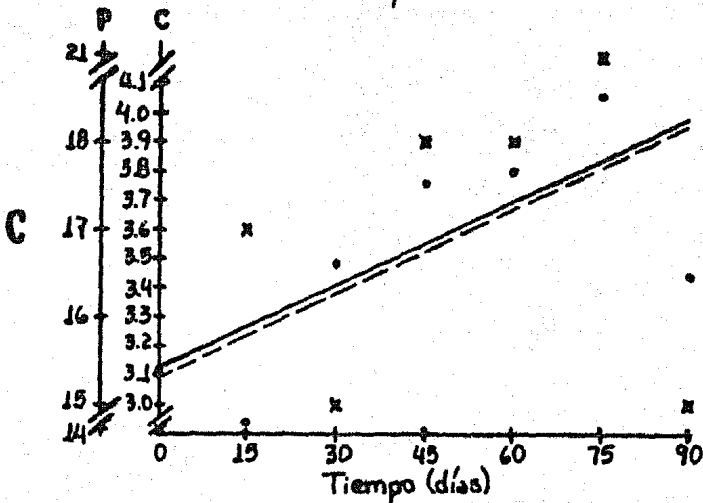
Porcentaje  
(P) =  $\frac{\dots}{\dots}$   
 $m = 0.066$   
 $r = 0.553$



10P

Concentración  
(C) =  $\frac{\dots}{\dots}$   
 $m = -0.0126$   
 $r = -0.2017$

Porcentaje  
(P) =  $\frac{\dots}{\dots}$   
 $m = -0.100$   
 $r = -0.5628$



K

Concentración  
(C) =  $\frac{\dots}{\dots}$   
 $m = 0.009$   
 $r = 0.6714$

Porcentaje  
(P) =  $\frac{\dots}{\dots}$   
 $m = 0.033$   
 $r = 0.4481$

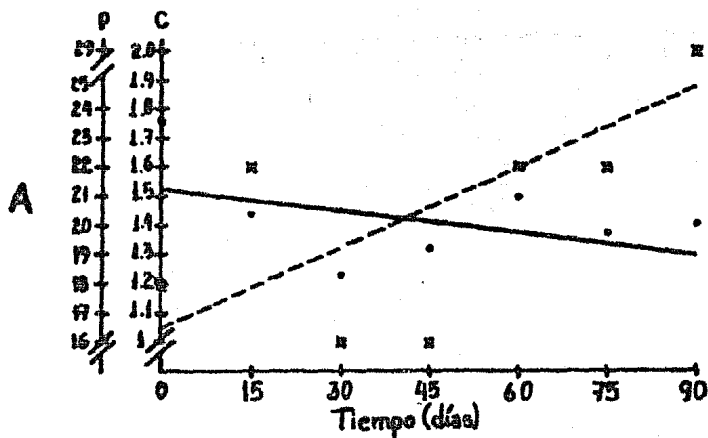
Figura 2. Concentración y proporción de N, 10P y K. Regresión y correlación en relación con el tiempo de toma de muestra. Parcela Xochimilco No. 2.

Cuadro 12. Valores para la recta de regresión y correlación del K, Ca y Mg en hojas de chile serrano de la parcela 1X

Tiempo de toma de muestras (días)	CONCENTRACIÓN % M.S.			Proporción % M.S.		
	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
0	5.19	2.12	1.53	61.07	22.29	16.54
15	4.82	1.91	1.50	60.29	21.79	17.93
30	4.66	1.71	1.46	59.50	21.19	19.32
45	4.25	1.49	1.43	58.71	20.57	20.71
60	3.94	1.29	1.40	57.93	19.96	22.11
75	3.63	1.08	1.37	57.17	19.39	23.50
90	3.32	0.88	1.34	56.36	18.75	24.89
Pendiente $m$	-0.020	-0.013	-0.002	-0.052	-0.040	0.099
Coefficiente de correlación $r$	0.554	0.522	0.657	-0.1751	-0.1791	0.6520
Nivel de significancia	>20%	>20%	>20%	>20%	>20%	10%

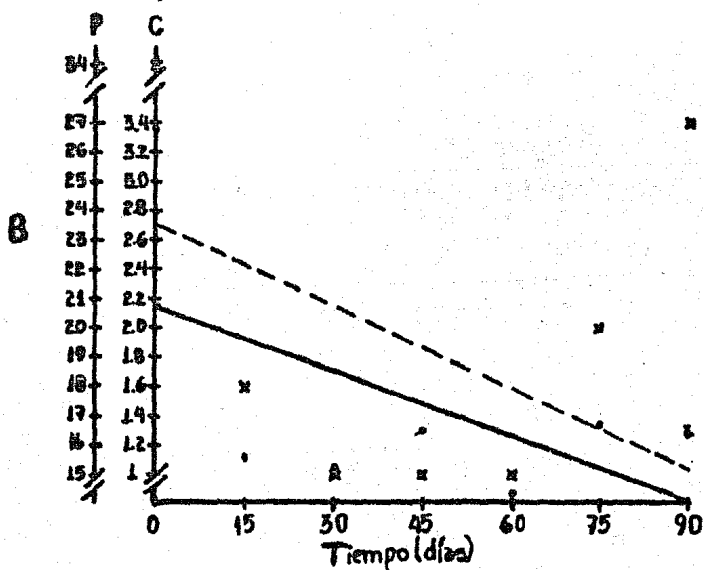
Cuadro 13. Valores para la recta de regresión y correlación del K, Ca y Mg en hojas de chile serrano de la parcela 2X

Tiempo de toma de muestras (días)	CONCENTRACIÓN % M.S.			Proporción % M.S.		
	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
0	3.12	1.97	1.40	48.07	20.07	21.95
15	3.28	1.91	1.41	50.29	21.71	22.00
30	3.42	1.65	1.42	52.50	25.36	22.14
45	3.56	1.50	1.44	54.71	23.00	22.29
60	3.71	1.34	1.45	56.93	20.65	22.43
75	3.86	1.18	1.46	59.14	18.29	22.56
90	4.00	1.02	1.48	61.36	15.93	22.70
Pendiente $m$	0.011	0.009	0.009	0.1571	0.147	0.0095
Coefficiente de correlación $r$	0.6573	0.6714	0.972	0.6950	0.711	0.0773
Nivel de significancia	10%	10%	>20%	5%	5%	>20%



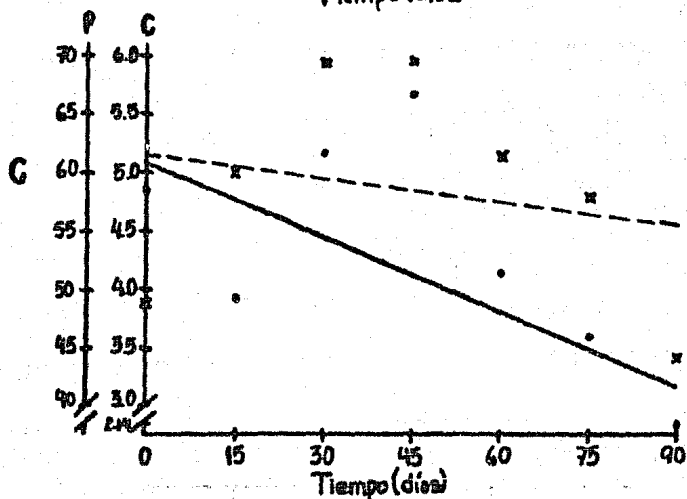
Mg  
 Concentración  
 (C)  $\text{---}$   
 $m = -0.002$   
 $r = -0.4057$

Porcentaje  
 (P)  $\text{- - -}$   
 $m = 0.092$   
 $r = 0.6580$



Ca  
 Concentración  
 (C)  $\text{---}$   
 $m = -0.013$   
 $r = -0.5622$

Porcentaje  
 (P)  $\text{- - -}$   
 $m = -0.040$   
 $r = -0.1794$



K  
 Concentración  
 (C)  $\text{---}$   
 $m = -0.020$   
 $r = -0.554$

Porcentaje  
 (P)  $\text{- - -}$   
 $m = -0.032$   
 $r = -0.1751$

FIGURA 3. Concentración y proporción de K, Ca y Mg. Regresión y correlación en relación con el tiempo de tona de muestra Parcela Xochimilco No. 1

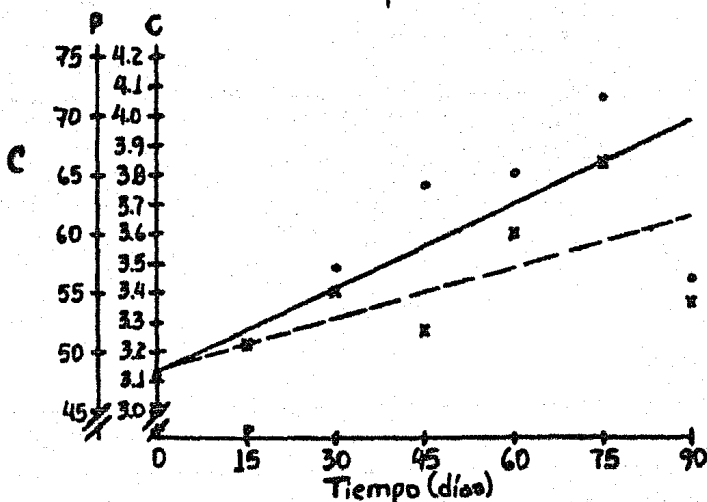
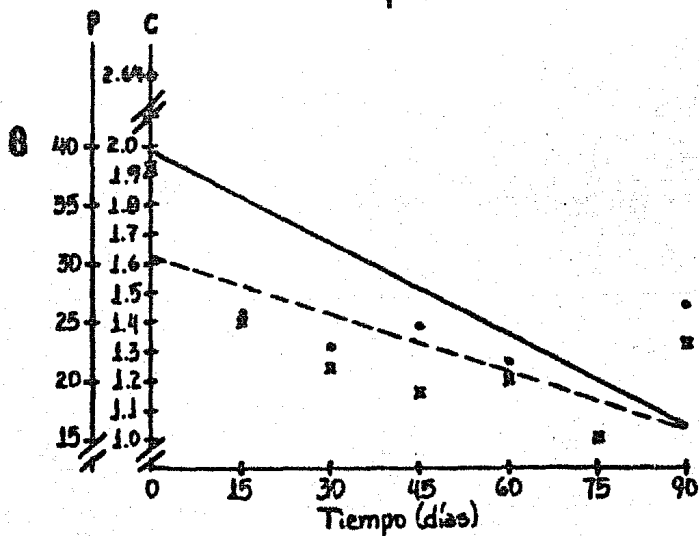
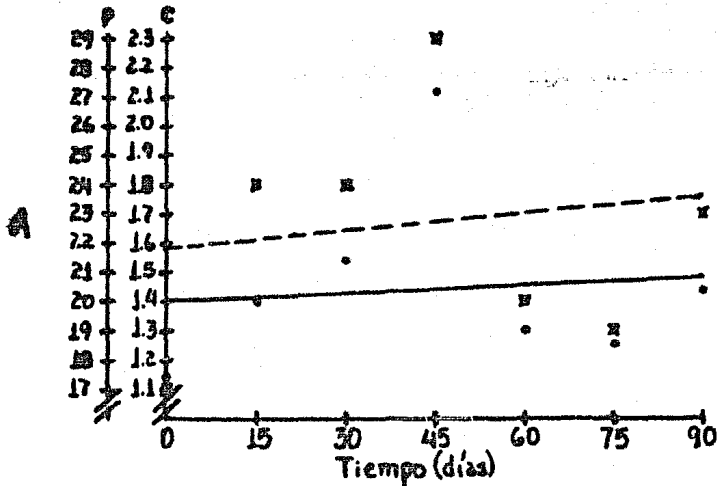


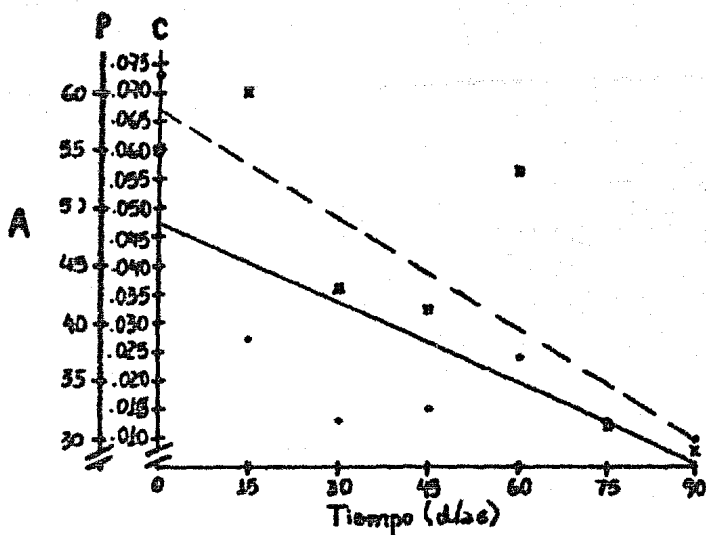
FIGURA 4. Concentración y proporción de Hg, Ca y K. Regresión y correlación su relación con el tiempo de toma de muestra.  
Parcela Xochimilco No. 2

Cuadro 14. Valores para la recta de regresión y correlación del Fe, Mn y Zn en hojas de chile serrano de la parcela IX

Tiempo de toma de muestras (días)	CONCENTRACIÓN % M.S.			Proporción % M.S.		
	Fe	Mn	Zn	Fe	Mn	Zn
0	.048	.024	.010	58.43	24.36	17.25
15	.040	.022	.010	53.71	28.14	18.16
30	.033	.021	.010	49.00	31.93	19.08
45	.025	.019	.009	44.29	35.71	20.00
60	.018	.017	.009	39.58	39.50	20.93
75	.011	.015	.008	34.86	43.29	21.86
90	.003	.014	.008	30.14	47.07	22.79
Pendiente $m$	-.0005	-.0001	-.0003	-.214	.252	0.062
Coefficiente de correlación $r$	-.721	-.279	-.274	-.920	.610	0.252
Nivel de significancia	5%	> 20%	> 20%	1%	10%	> 20%

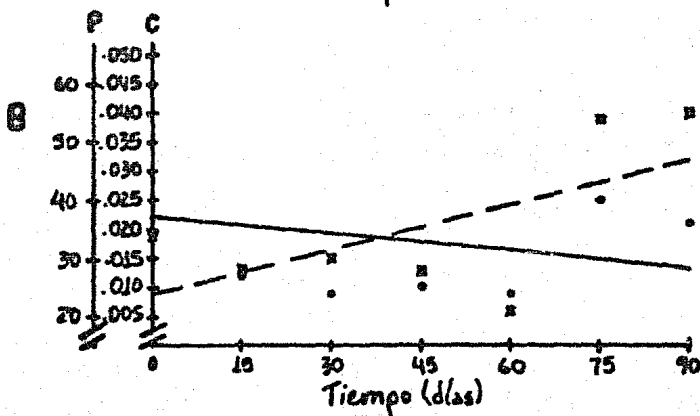
Cuadro 15. Valores para la recta de regresión y correlación del Fe, Mn y Zn en hojas de chile serrano de la parcela 2X

Tiempo de toma de muestras (días)	CONCENTRACIÓN % M.S.			Proporción % M.S.		
	Fe	Mn	Zn	Fe	Mn	Zn
0	.0140	.029	.010	22.89	62.04	15.07
15	.0180	.024	.010	26.21	56.79	17.00
30	.0180	.029	.010	29.54	51.54	18.93
45	.0160	.024	.010	22.86	46.29	20.86
60	.0160	.019	.010	36.18	41.04	22.79
75	.0160	.014	.010	39.50	35.79	24.71
90	.0170	.009	.009	42.82	20.54	26.64
Pendiente $m$	.00002	-.0003	.00001	.221	-.250	.1285
Coefficiente de correlación $r$	.3160	-.8640	-.144	.808	-.9172	.5825
Nivel de significancia	> 20%	1%	> 20%	1%	1%	> 20%



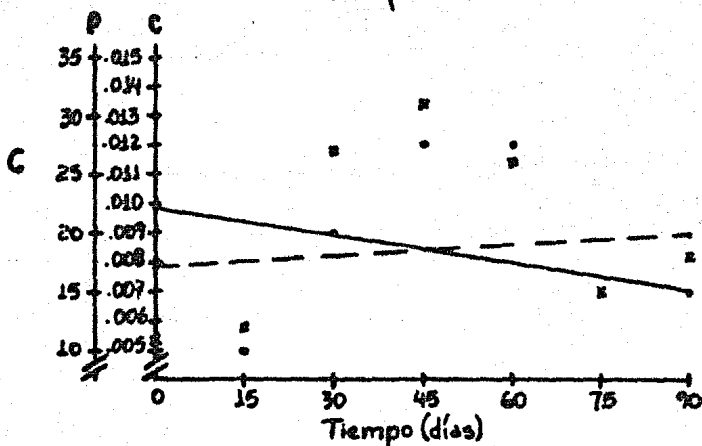
Fe  
 Concentración  
 (C)  $\bullet$  -----  
 $m = -0.00049$   
 $r = -0.7211$

Porcentaje  
 (P)  $\times$  -----  
 $m = -0.314$   
 $r = -0.8200$



Mn  
 Concentración  
 (C)  $\bullet$  -----  
 $m = -0.00010$   
 $r = -0.2789$

Porcentaje  
 (P)  $\times$  -----  
 $m = 0.252$   
 $r = 0.6102$



Zn  
 Concentración  
 (C)  $\bullet$  -----  
 $m = -0.000026$   
 $r = -0.2683$

Porcentaje  
 (P)  $\times$  -----  
 $m = 0.061$   
 $r = 0.2520$

Figura 5. CONCENTRACIÓN y PROPORCIÓN de Fe, Mn y Zn. REGRESIÓN y CORRELACIÓN en RELACIÓN con el tiempo de toma de muestra. Parcela Xochimilco No. 1

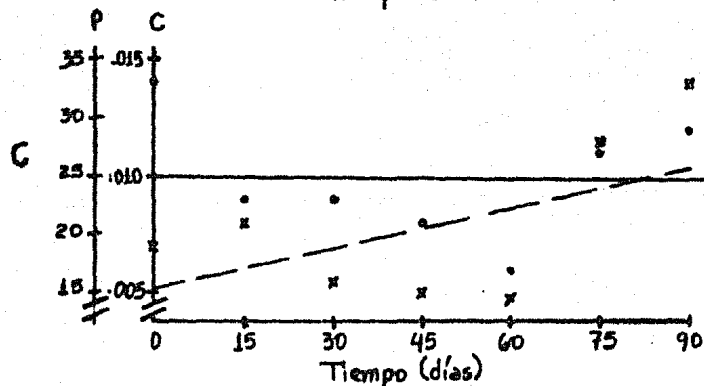
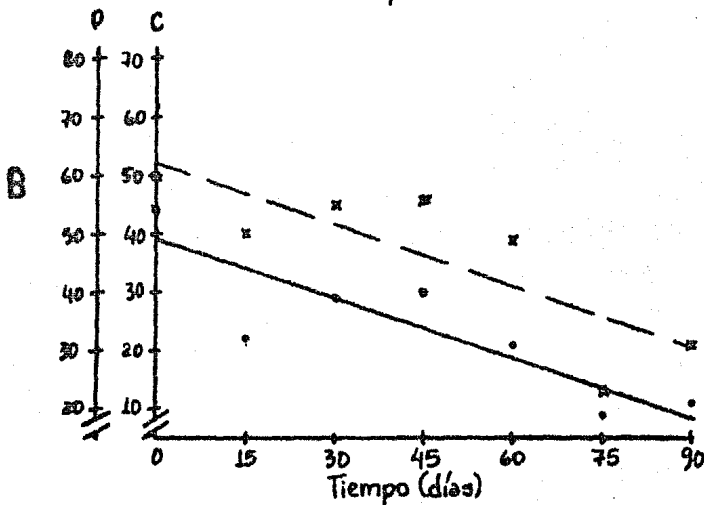
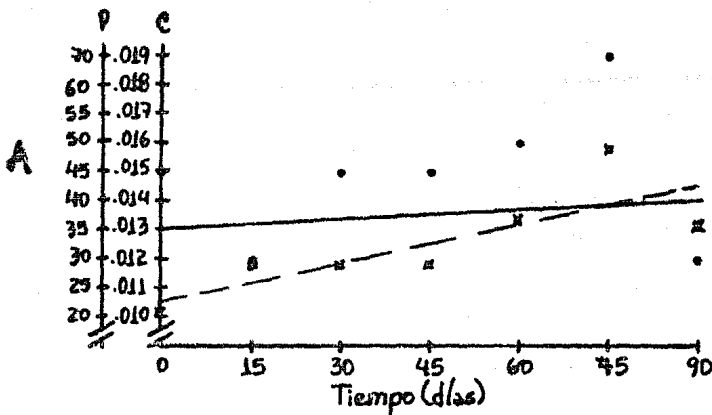


FIGURA 6. CONCENTRACIÓN y proporción de Fe, Mn y Zn. Regresión y correlación EN RELACIÓN con el tiempo de toma de muestra.

Parcela Xochimilco No. 2



En las figuras 1 y 2 (A) se observa que el nitrógeno tiende a acumularse ligeramente en las hojas, en los dos cultivos, con relación a la edad de la planta, las pendientes son muy bajas 0.02 expresados como por ciento de materia seca y 0.06 expresada en proporción en el cultivo 2X. En el cultivo 1X la pendiente de los valores expresados en proporción tiene signo - y es muy baja -0.007 lo que indica una ligera tendencia del nitrógeno a disminuir en las hojas con relación a la edad de la planta.

El fósforo en el cultivo 1X muestra una ligera tendencia a acumularse en las hojas con relación a la edad de la planta en las dos expresiones de concentración, en por ciento de materia seca, la pendiente es 0.065 y en proporción es 0.209. En cambio, en el cultivo 2X la tendencia del fósforo fue una disminución lenta en las hojas con relación a la edad de la planta, los valores de las pendientes fueron -0.0126 expresadas en por ciento de materia seca y -0.100 expresada en proporción. (Figuras 1 y 2 B).

Las concentraciones de potasio en las hojas del cultivo 1X disminuyen ligeramente con la edad, las pendientes fueron -0.020 en por ciento de materia seca y -0.202 expresada en proporción. Por lo contrario, la concentración de K en las hojas del cultivo 2X tienden a acumularse ligeramente en las hojas, las pendientes fueron 0.009 en por ciento de materia seca y 0.033 en proporción. (Figuras 1 y 2 C).

El calcio disminuyó con la edad de la planta en los 2 cultivos, en el cultivo 1X las pendientes fueron  $-0.013$  en por ciento de materia seca y  $-0.049$  en proporción; en el cultivo 2X las pendientes fueron  $-0.010$  en por ciento de materia seca y  $-0.157$  en proporción. (Figuras 3 y 4 B).

El magnesio en general tiende a aumentar en los dos cultivos, excepto por la expresión de la concentración en por ciento de materia seca del cultivo 1X. Las pendientes fueron las siguientes: En el cultivo 1X de  $-0.002$  en por ciento de materia seca y  $0.092$  en proporción y en el cultivo 2X de  $0.009$  en por ciento de materia seca y  $0.0095$  en porcentaje. (Figuras 3 y 4 A).

El fierro disminuye ligeramente en el cultivo 1X como se puede apreciar en las pendientes de  $-0.00049$  en por ciento de materia seca y  $-0.314$  en proporción, y en el 2X se aprecia un aumento muy ligero con pendientes de  $0.00002$  en por ciento de materia seca y  $0.221$  en proporción. (Figuras 5 y 6 A).

El manganeso disminuye con los dos cultivos, excepto en la expresión de los valores en porcentaje del cultivo 1X - que muestra un ligero aumento. Las pendientes fueron para 1X  $-0.0001$  en por ciento de materia seca y  $0.252$  en proporción, y para 2X de  $-0.00036$  en por ciento de materia seca y  $-0.350$  en proporción. (Figuras 5 y 6 B).

En cuanto a las concentraciones de zinc, las expresio-

nes en por ciento de materia seca indican una ligera tendencia a disminuir con la edad de la planta en los dos cultivos, y en las proporciones se indica un ligero aumento en los dos cultivos. Las pendientes fueron -0.00002 en por ciento de materia seca y 0.061 en proporción en 1X y de -0.00001 en por ciento de materia seca y de 0.1285 en proporción, en el cultivo 2X. (Figuras 5 y 6 C).

Por otro lado las concentraciones de nutrimentos analizados en las hojas de otros cultivos de chile de Tula, Hgo., tomados a principio de la floración muestran también la existencia de un equilibrio semejante al que se observa en los cultivos de chile de las parcelas de Xochimilco (Cuadros 16, 17 y 18). En la mayoría de los cultivos se cumplen las condiciones de equilibrio mencionados anteriormente para N 10P K con valores de 50: 30: 20  $\pm$  10% y Fe > Mn > Zn con valores de 50: 30: 20  $\pm$  10%.

En cambio, no se cumple la condición de equilibrio propuestos por los autores antes mencionados, en donde Ca K Mg con los valores de 50: 35: 15  $\pm$  10%, pero siguen la misma proporción que se observó en los cultivos del chile serrano de Xochimilco: K > Ca > Mg.

Por otra parte, al revisar la evolución del índice vegetativo (I.V.) de los dos cultivos de Xochimilco se encontró que dicho índice refleja la actividad metabólica de la planta variando de acuerdo a la concentración de los nutrimentos en las hojas. (Cuadro 19 y figura 7).

Como se mencionó en párrafos anteriores, las concentraciones de N, 10P y K en general, aumentaron ligeramente con el tiempo y las concentraciones de Ca y Mg tendieron a disminuir, por lo que, de acuerdo con la fórmula :

$$I. V. = \frac{0.365 (N + 10P + K)}{Ca + Mg}$$
, durante el crecimiento de la planta el índice vegetativo fue un aumento; la disminución en el I.V. representa una baja en la actividad metabólica, que puede corresponder a una alteración en el cultivo, como se observa en la figura 7 para el cultivo de chile 2X entre los 30 y 45 días después del trasplante, cuando fue atacado por una plaga de insectos y posteriormente se observa su recuperación con un aumento en el índice vegetativo I.V.. Cuando se inicia la formación y el desarrollo del fruto se observa, un descenso continuo del I.V. debido a la traslocación de los nutrientes hacia el fruto; esta etapa comienza aproximadamente a los 60 días en el cultivo 1X y a los 75 días en el cultivo 2X.

Cuadro 16. Resultados de los análisis de N, P, y K en hojas de diferentes variedades de Chile de Tula, Hgo. a principios de la floración.

REFERENCIA	VARIEDAD	CONCENTRACIONES (% M.S.) N - 10P - K	SUMA	PROPORCIONES (N+10P+K=100%) N : 10P : K
1T	SERRANO	6.26 3.79 5.67	15.72	40 : 24 : 36
2T	chilaca	5.30 7.43 4.23	16.96	31 : 44 : 25
3T	pablano	4.65 3.25 2.48	10.38	45 : 31 : 24
4T	SERRANO	5.24 4.02 6.56	16.62	32 : 29 : 39
5T	SERRANO	5.16 3.41 1.90	10.37	50 : 23 : 17
6T	SERRANO	5.35 2.48 2.70	10.53	50 : 24 : 26
7T	SERRANO	6.00 2.34 3.67	11.91	50 : 20 : 30
8T	SERRANO	6.09 4.40 3.75	14.24	43 : 31 : 26

Cuadro 17. Resultados de los análisis de K, Ca y Mg en hojas de diferentes variedades de chile de Tula, Hgo. a principios de la floración.

REFERENCIA	VARIEDAD	CONCENTRACIONES (% M.S.)			SUMA	PROPORCIONES (K+Ca+Mg=100%)
		K	Ca	Mg		K : Ca : Mg
1T	SERRANO	5.67	1.55	.9644	8.1934	69 : 19 : 12
2T	CHILACA	4.23	1.58	.6158	6.4258	66 : 25 : 9
3T	POBLANO	2.48	1.265	.5159	4.2609	58 : 30 : 12
4T	SERRANO	6.56	1.705	1.4107	9.6757	68 : 18 : 14
5T	SERRANO	1.80	.869	.4330	3.102	58 : 28 : 14
6T	SERRANO	2.70	1.352	.7305	4.7825	57 : 28 : 15
7T	SERRANO	3.57	1.122	.6386	5.3306	67 : 21 : 12
8T	SERRANO	3.75	1.169	1.004	5.923	63 : 20 : 17

CUADRO 18. Resultados de los análisis de Fe, Mn y Zn en hojas de diferentes variedades de chile de Tula, Hgo. a principios de la floración

REFERENCIA	VARIEDAD	CONCENTRACIONES (% M.S.)			SUMA	PROPORCIONES (Fe + Mn + Zn = 100%)		
		Fe	Mn	Zn		Fe	Mn	Zn
1T	SERRANO	.0135	.0153	.006	.0348	39	44	17
2T	CHILACA	.0250	.0120	.006	.0430	58	28	14
3T	POBLANO	.0166	.0075	.005	.0291	57	26	17
4T	SERRANO	.0222	.0114	.006	.0402	59	28	13
5T	SERRANO	.0070	.0049	.002	.0129	50	35	15
6T	SERRANO	.0167	.0098	.005	.0308	54	29	17
7T	SERRANO	.0091	.0090	.004	.0221	41	41	18
8T	SERRANO	.0149	.0075	.004	.0283	52	24	14

CUADRO 19 Evolución del índice vegetativo (I.V.) de los dos cultivos de chile de Xochimilco, D.F., estudiados.

Tiempo de TOMA de MUESTRA (días)	Parcela Xochimilco Nº 1	Parcela Xochimilco Nº 2
	Índice vegetativo	Índice vegetativo
0	1.235	2.11
15	1.88	2.26
30	2.10	3.00
45	2.71	2.23
60	3.29	3.00
75	2.86	3.42
90	2.71	2.84



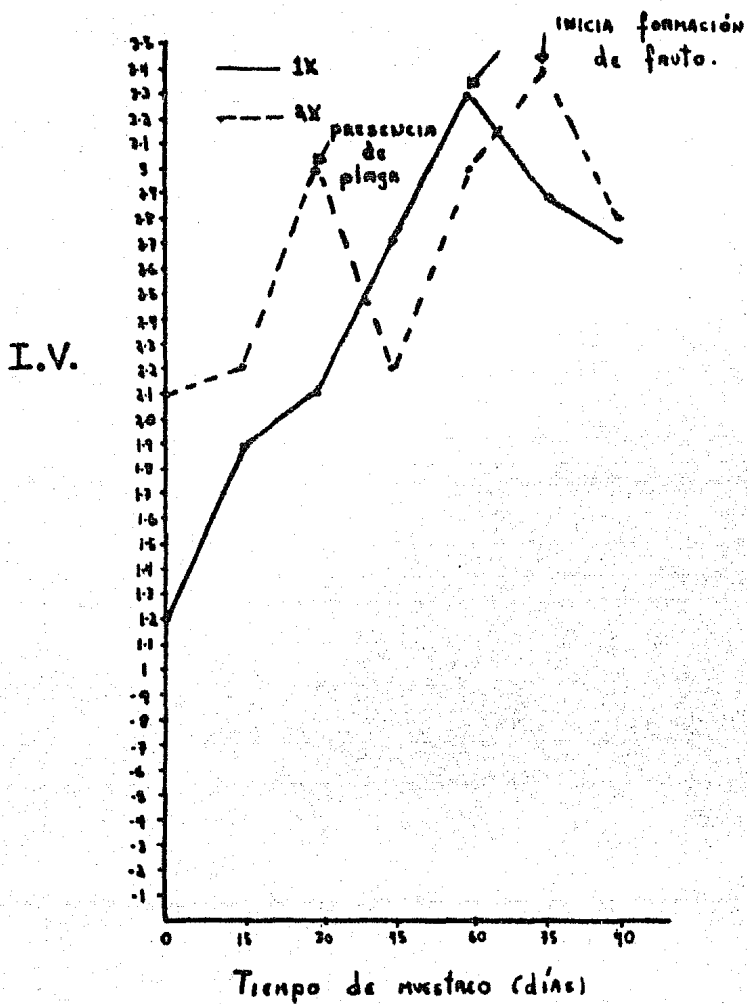


Figura 7. Evolución del índice vegetativo (I.V.) de dos cultivos de chile serrano de Xochimilco, D.F.

## 5. Conclusiones.

- 1.- Las concentraciones de los macro y micronutrientes en las hijas de chile, cambian ligeramente con relación a la edad de la planta.
- 2.- En términos generales, los macronutrientes N, P y K, y los micronutrientes Fe, Mn y Zn tienden a acumularse en las hojas durante el crecimiento del cultivo y disminuyen durante la formación del fruto.
- 3.- Las concentraciones de los macronutrientes secundarios Ca y Mg presentan una leve tendencia a disminuir en las hojas durante el crecimiento del cultivo.
- 4.- Existe una relación proporcional casi constante entre los grupos de elementos estudiados: N: 10P: K, K: Ca: Mg y Fe: Mn: Zn como ha sido señalado para otras hortalizas y frutales por otros autores.
- 5.- Estas relaciones proporcionales, parecen demostrar la existencia de un equilibrio fisiológico entre estos elementos en las hojas durante el metabolismo normal del cultivo.
- 6.- Los equilibrios fisiológicos de los elementos mencionados son casi constantes y relativamente estables durante el desarrollo del cultivo.
- 7.- Parece ser que los valores de equilibrio fisiológico son independientes de la variedad de chile, es necesario profundizar el estudio.

8.- Tentativamente se proponen los siguientes valores y condiciones para los equilibrios fisiológicos de los elementos en el cultivo de chile:

N > 10P > K con valores de 50% : 30% : 20%  $\pm$  10%

K > Ca > Mg con valores de 60% : 20% : 20%  $\pm$  10%

Fe > Mn > Zn con valores de 50% : 30% : 20%  $\pm$  10%

9.- Los niveles críticos de los nutrimentos son difíciles de aplicar e interpretar para el diagnóstico del estado nutricional del cultivo de chile, debido a que este índice es un valor único y absoluto que cambia con la edad de la planta y condiciones del cultivo.

10.- Los valores de los equilibrios fisiológicos ofrecen la posibilidad de ser empleados como índices para diagnósticos del estado nutricional del cultivo en diferentes etapas de su desarrollo, por lo que se debe seguir investigando este tema.

11.- Los estudios de equilibrios fisiológicos de los elementos junto con los análisis de los suelos permiten determinar con mayor facilidad y exactitud las causas de alguna deficiencia nutricional.

12.- La evolución del índice vegetativo del cultivo está íntimamente relacionada con la evolución de las concentraciones de nutrimentos en las hojas y por lo tanto refleja la actividad metabólica de la planta.

13.- El estudio de la evolución del índice vegetativo posible-

mente puede ser empleado como un auxiliar para determinar las necesidades nutricionales del cultivo en un momento específico de su desarrollo.

14.-Se recomienda continuar con los estudios de equilibrio fisiológico de este cultivo y su correlación con los índices de productividad, para afinar los valores y condiciones de equilibrio en plantas sanas con altos rendimientos.

## BIBLIOGRAFIA

1. Black, C.A. et al. (Editors). 1965. Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and mineralogical Properties, including statistics of measurement and sampling. Agronomy 9. Amer. Soc. Agr. Madison, U.S.A.
2. Black, C.A. et al. (Editors). 1965. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Agronomy 9. Amer. Soc. Agr. Madison, U.S.A.
3. Chapman, H.D. y Pratt, P.F. 1973. Métodos de análisis para suelos, plantas y aguas. Trillas. México.
4. De la Teja Angeles, C.O. 1983. Guía para diagnosticar deficiencias nutricionales en plantas de cultivo por medio del equilibrio fisiológico. En mimeógrafo. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlan, U.N.A.M. México.
5. De la Teja Angeles, C.O. 1983. Guía para los análisis de suelos y su interpretación agronómica. En mimeógrafo. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, U.N.A.M. México.
6. Díaz de León, T.J. y Vázquez-Navarro, G. 1981. Fertilización en chile ancho Capsicum annum L. para la zona centro del estado de Guanajuato. Memorias del XIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Tomo II. San Luis Potosí, S.L.P. 597-610 p.p.
7. Estéban, E. Velasco. 1975. El equilibrio fisiológico como índice para el diagnóstico de deficiencias nutritivas. Análisis de Edafología y Agrobiología. Madrid, España. 34 : 623-631.
8. Estéban, E. y Aguilar, A. 1976. Análisis foliar en cultivos hortícolas. I. Patata. 4th. International Colloquium on the Control of Plant Nutrition. Proceedings, I.
9. Gola, G., et al. 1965. Tratado de Botánica. Segunda edición. Labor, S.A.. México.
10. Hauser, G.F. 1980. Interpretación de los análisis de suelos al formular recomendaciones sobre fertilizantes. Boletín de Suelos No. 18. FAO. Roma.

11. Hutchison, J. 1973. The families of flowering plants. Third edition. Oxford University Press. Great Britain.
12. Jackson, M.L. 1970. Análisis químico de suelos. Omega. Barcelona, España.
13. Little, T.M. y Jackson, H.F. 1978. Métodos estadísticos para la investigación en la agricultura. Trillas. México.
14. Mazuelos Vela, C. et al. 1979. Evolución de los equilibrios fisiológicos y sus relaciones con el metabolismo de macro y micronutrientes en cultivos de olivar. Anales de Edafología y Agrobiología. Madrid, España. 38 : 1089-1097.
15. Morffn Loyden, L. 1982. Manual de Bromatología. Edición del autor. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, U.N.A.M. México.
16. Mortvedt, J.J. et al. (Compiladores). 1983. Micronutrientes en Agricultura. AGT Editor, S.A., México.
17. Ortiz-Villanueva, B. 1977. Fertilidad de suelos. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México.
18. Palacios, S.J., Aguilar Villalvilla, A. y Esteban Velasco, E. 1978. Estudio Previo sobre la nutrición del aguacate por análisis foliar. Anales de Edafología y Agrobiología. Madrid, España. 37 : 863-869.
19. Personal de A. & L. Agricultural Laboratories de Memphis. Soil and Plant Analysis. A. & L. Agricultural Laboratories. Memphis, Tenn., U.S.A.
20. Personal del Soil Conservation Service. 1973. Investigación de suelos, Métodos de Laboratorio y procedimiento para recoger muestras. Trillas. México.
21. Personal del Colegio de Postgraduados de Chapingo. 1977. Manual de Conservación del suelo y del agua. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México.
22. Richards, L.A. (Editor) 1973. Diagnóstico y rehabili-

- tación de suelos salinos y sódicos. Limusa. México
23. Russell, E.W. 1973. Soil Conditions and plant growth. 10th Ed. Longman. Great Britain.
  24. Sepúlveda, T.J. et al. 1981. Dinámica del crecimiento y acumulación de N, P y K en el fruto de limón mexicano (Citrus aurantifolia S.). Memorias del XIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Tomo II. San Luis Potosí, S.L.P. 774-790 p.p.
  25. Sillampää, M. 1972. Los oligoelementos en los suelos y en la agricultura. Boletín de suelos No. 17. FAO. Roma.
  26. Teuscher, H. y Adler, R. 1980. El suelo y su fertilidad. C.E.C.A.S. México.
  27. Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. 1977. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Montaner y Simon, S.A.. Barcelona España.
  28. Uexküll, H. y Jacob, A. 1973. Fertilización: Nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Cuarta edición. Ediciones Euroamericanas. México.