

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA

‘‘ANTONIO NARRO’’

PROGRAMA DE GRADUADOS



**FERTILIZACION EXTRAEDAFICA COMO
UNA ALTERNATIVA PARA PROPORCIONAR
ZINC AL CULTIVO DEL NOGAL EN LA
COMARCA LAGUNERA**

Alejandro Moreno Reséndez

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS
ESPECIALIDAD EN SUELOS**

BUENAVISTA, SALTILLO, COAH., MEX.

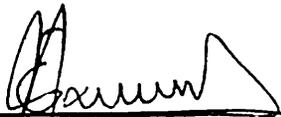
1984

TESIS ELABORADA BAJO LA SUPERVISION DEL COMITE PARTICULAR DE
ASESORIA Y APROBADA COMO REQUISITO PARCIAL, PARA OPTAR EL GRA
DO DE:

MAESTRO EN CIENCIAS ESPECIALIDAD EN SUELOS

COMITE PARTICULAR

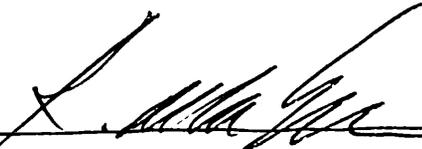
PRESIDENTE:


DR. EDUARDO A. NARRO FARIAS

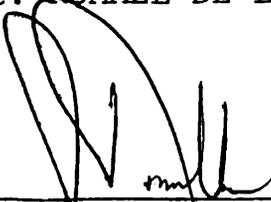
VOCAL:


DR. LUIS F. FLORES LUI

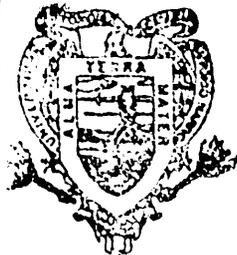
VOCAL:


ING. M.C. ROMMEL DE LA GARZA GARZA

SUBDIRECTOR
DEL POSTGRADO:


DR. JESUS TORRALBA ELGUEZABAL

BUENAVISTA, SALTILLO, COAH., MEX.



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONATO
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.N.

AGRADECIMIENTO

A LA U.A.A. "A.N."

AL CONACYT

AL CAELALA (CIAN--INIA-SARH)

A TODOS AQUELLOS, QUIENES CON
SU PARTICIPACION, AYUDA Y CON-
SEJOS CONTRIBUYERON A LA REA-
LIZACION DE ESTE TRABAJO.

A TODOS: GRACIAS

INDICE GENERAL

	Página
INDICE DE CUADROS	v
INDICE DE FIGURAS Y GRAFICAS	vi
INDICE DE CUADROS DEL APENDICE	viii
I INTRODUCCION	1
II REVISION DE LITERATURA	4
III MATERIALES Y METODOS	16
3.1. Preparación de los injertos	16
3.2. Métodos de análisis	17
3.2.1. Análisis de plantas y suelos	17
3.2.2. Análisis estadísticos	19
3.3. Selección de árboles para injertar	19
3.4. Injertación de los árboles	20
3.5. Preparación de soluciones nutritivas	24
3.6. Tratamientos de fertilización	25
3.6.1. Soluciones nutritivas para riego	25
3.6.2. Aspersión foliar	26
3.6.3. Incorporación de zinc al suelo	26
3.6.4. Manejo tradicional	26
3.7. Muestreos	27
3.7.1. Muestreos foliares	27
3.7.2. Muestreos de suelos	29
IV RESULTADOS Y DISCUSION	31
4.1. De los análisis de suelos	31
4.2. Concentración y disponibilidad de nutrientes	33
4.2.1. Del zinc, calcio, manganeso y magnesio	34
4.2.2. Del nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y cobre	46
4.3. Del efecto de tratamientos	57
V CONCLUSIONES	62
VI RESUMEN	67
VII LITERATURA REVISADA	70
VIII APENDICE	76

INDICE DE CUADROS

CUADRO		Página
1	Resultado del análisis físico-químico efectuado al suelo que se utilizó para el llenado de las macetas donde se colocaron los árboles de dos años de injertados. CAELALA, CIAN. 1983.	17
2	Determinaciones físico-químicas hechas a las muestras de suelo y plantas en el laboratorio del CAELALA. Métodos de análisis y referencia bibliográfica de los mismos. 1983.	18
3	Croquis de la Colección de Variedades de nogal, donde se indica la distribución y las características de los nogales, donde se aplicaron los tratamientos	21
4	Croquis del Huerto de Nogal con riego por goteo donde se indica la distribución y las características de los nogales donde se aplicaron los tratamientos. 1983.	22
5	Materiales y cantidades utilizadas para la preparación de las soluciones nutritivas. 1983.	24
6	Concentración de las soluciones nutritivas para los macroelementos y niveles de zinc expresadas en ppm, que se utilizaron en las macetas. 1983.	25
7	Relación del número y fecha de los muestreos foliares y de suelos. 1983.	30
8	Resultados del análisis físico-químico de las muestras de suelo que se obtuvieron durante la aplicación de soluciones nutritivas a las macetas. 1983.	32
9	Comparación de las medias de tratamientos para los elementos que presentaron diferencia significativa en las pruebas F. 1983.	59

INDICE DE FIGURAS

FIGURA		Página
1	Corte transversal de la maceta de plástico con el árbol sembrado para injertarse. CAELALA, CIAN. 1983.	16
2	Esquema que muestra la forma en que se realizó el injerto por aproximación de los árboles bajo tratamientos. 1983.	23
3	Vista superior del sistema para proporcionar zinc al árbol, mediante su incorporación al suelo. 1983.	27
4	Diagrama que muestra el lugar indicado para la toma de muestras de tejido foliar en el cultivo de nogal y colocación de etiquetas de los brotes nuevos. 1983.	28
5	Variación en la concentración de zinc de las muestras de tejido foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983.	35
6	Variación en la concentración de calcio de las muestras de tejido foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983.	39
7	Variación en la concentración de manganeso de las muestras de tejido foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983.	42
8	Variación en la concentración de magnesio de las muestras de tejido foliar y de suelos obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983.	45

- 9 Variación en la concentración de nitrógeno de las muestras de tejido foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983. 48
- 10 Variación en la concentración de fósforo de las muestras de tejido foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983. 50
- 11 Variación en la concentración de potasio de las muestras de tejido foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983. 52
- 12 Variación en la concentración de hierro de las muestras de tejido foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983. 54
- 13 Variación en la concentración de cobre de las muestras de tejido foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983. 56

INDICE DE CUADROS DEL APENDICE

CUADRO		Página
1A	Concentración (en ppm) de zinc determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos. 1983.	77
2A	Concentración (en %) de calcio determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos. 1983.	78
3A	Concentración (en ppm) de manganeso determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos. 1983.	79
4A	Concentración (en %) de magnesio determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos. 1983.	80
5A	Concentración (en %) de nitrógeno determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos. 1983.	81
6A	Concentración (en %) de fósforo determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos. 1983.	82
7A	Concentración (en %) de potasio determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos. 1983.	83
8A	Concentración (en ppm) de hierro determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos. 1983.	84
9A	Concentración (en ppm) de cobre determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos. 1983.	85

CUADRO		Página
10A	Valores obtenidos del contenido de nutrientes en las macetas donde se aplicaron las <u>soluciones nutritivas</u> en siete fechas de muestreo. 1983.	86
11A	Resultados de los análisis de varianza hechos para cada nutriente en los folíolos de los <u>árboles injertados</u> en el presente trabajo. 1983.	87
12A	Resultados de los análisis de varianza hechos para cada nutriente en los folíolos de los <u>árboles</u> de las macetas donde se aplicaron las <u>soluciones nutritivas</u> en el presente trabajo. 1983.	88
13A	Rango intermedio del contenido de nutrientes para el cultivo del nogal según Chapman (1973) y Walsh y Beaton (1973). 1983.	89
14A	Prueba de rango múltiple de Duncan para realizar la separación de medias de tratamientos <u>para el contenido de zinc</u> , en los niveles de <u>significancia 5 y 1%</u> . 1983.	90
15A	Prueba de rango múltiple de Duncan para realizar la separación de medias de tratamientos <u>para el contenido de calcio</u> , en los niveles de <u>significancia a 5 y 1%</u> . 1983.	91
16A	Prueba de rango múltiple de Duncan para realizar la separación de medias de tratamientos <u>para el contenido de manganeso</u> en los niveles de <u>significancia 5 y 1%</u> . 1983.	92
17A	Prueba de rango múltiple de Duncan para realizar la separación de medias de tratamientos <u>para el contenido de magnesio</u> , en el nivel de <u>significancia 5%</u> . 1983.	93
18A	Prueba de rango múltiple de Duncan para realizar la separación de medias de tratamientos <u>para el contenido de potasio</u> , en el nivel de <u>significancia 5%</u> . 1983.	94

I. INTRODUCCION

La superficie que el cultivo del nogal ocupa en el norte de México representa alrededor del 95% de la total ocupada por este frutal a nivel nacional.

El nogal es una de las especies de mayor importancia económica en la Comarca Lagunera, la cual al igual que otras zonas productoras de nogal en el norte del país, posee suelos alcalinos con pH generalmente entre 7.5 y 8.5 y su contenido de carbonatos de calcio varía entre 5 y 25%, características que limitan la asimilación del zinc existente en el suelo. El zinc en el suelo al reaccionar con los carbonatos de calcio forma un compuesto de muy baja solubilidad, el carbonato de zinc ($ZnCO_3$), debido principalmente a las condiciones de pH existentes.

En un muestreo realizado por investigadores del Campo Agrícola Experimental de la Laguna * (CAELALA) en 1980 para definir la problemática del cultivo del nogal en esta región, se encontró que el 66% de las huertas en desarrollo y el 27% de las huertas en producción, mostraron deficiencia de zinc en el follaje, ya que los contenidos de zinc encontrados fueron menores a 60 partes por millón (ppm). Asimismo, en 1982 se encontró que el 77.1% de huertas mayores de 6 años presentaron síntomas de deficiencia para este nutrimento. Los resultados de las deficien

* Resumen del Marco de Referencia. 1983. Grupo Interdisciplinario de Fruticultura. SARH-INIA-CIAN. CAELALA. Matamoros, Coah.

cias reportadas están en base a: análisis foliar, observación de síntomas y pruebas de respuesta a aplicaciones de zinc realizadas sobre esta especie.

Es de todos conocido que la disponibilidad de nutrientes para la planta depende de su concentración respectiva en los constituyentes minerales que forman parte de la fase sólida del suelo y de los diversos factores que afectan su asimilación debido a que disminuyen su solubilidad o presentan interacciones que reducen el proceso de absorción de los elementos de las plantas.

Por las condiciones físico-químicas de los suelos de la Comarca Lagunera diversos factores hacen que la absorción de zinc por el cultivo del nogal se vea reducida de tal manera que la falta de este elemento representa un problema que impide que el nogal tenga un desarrollo adecuado y un mayor rendimiento.

El Grupo Interdisciplinario de Fruticultura del CAELALA, basado en la problemática reflejada en su Marco de Referencia Regional se propuso iniciar la exploración de alternativas que permitan a los productores abastecer de zinc al nogal más eficientemente. Una de las alternativas propuestas fué la de "Aplicación de zinc por medios extraedáficos". Para realizar esta aplicación se requiere la formación de raíces adventicias que desarrolladas en medios con baja capacidad de intercambio catiónico (CIC) como la arena, reduzcan al mínimo los factores del suelo que impiden la asimilación de este elemento por la planta.

Los objetivos de este trabajo son los siguientes:

1. Determinar la capacidad de las raíces adventicias desarrolladas por medio de injertos en el nogal para absorber y transportar el zinc al follaje.
2. Evaluar el efecto de la concentración de zinc en la solución del medio sobre la capacidad de absorción de este elemento por la planta.
3. Comparar la efectividad del método de las raíces adventicias con los de la aplicación foliar, la incorporación al suelo y el manejo tradicional de este cultivo que en cuanto a fertilización se refiere.

Además, se plantearon las siguientes hipótesis:

1. Las raíces adventicias obtenidas por injerto son funcionales y suficientes para satisfacer las necesidades de zinc en el nogal.
2. Aún bajas concentraciones de zinc en la solución de medios con baja CIC, bajos contenidos de materia orgánica (M.O) y carbonatos de calcio logran satisfacer los requerimientos de zinc del nogal.

II. REVISION DE LITERATURA

La importancia que revisten los elementos menores o micronutrientes dentro de la fisiología y metabolismo de las plantas, se enmarca en los siguientes puntos establecidos por Domínguez (1978).

1. Los microelementos son tan importantes como los demás elementos nutritivos, y su falta o escasez afecta seriamente el desarrollo de los cultivos.

2. Generalmente pueden existir carencias de uno o varios de ellos, pero raramente de todos.

3. En muchos casos, las carencias se deben a las condiciones anormales del suelo y no a su escasez en el mismo. Entonces deberá tenderse en primer lugar a evitar y corregir estos defectos, como acidez, basicidad, exceso de cal, salinidad, pobreza de materia orgánica, etc., y si estos defectos no se corrigen, deberá recurrirse a las aplicaciones masivas y bien localizadas al empleo de productos especiales y en muchos casos, a su aplicación por las hojas en pulverizaciones.

4. Muchos elementos nutritivos son tóxicos para los cultivos cuando se utilizan en exceso.

La nutrición adecuada de las plantas con micronutrientes según establece Olsen (1983), depende de varios factores diferentes a la capacidad del suelo para proporcionar esos elementos. Los factores importantes de crecimiento incluyen la velocidad de absorción de nutrientes, la distribución de nutrien-

tes a los sitios funcionales y la movilidad de los mismos dentro de la planta y también pueden ocurrir interacciones entre los micronutrientes así como con algunos macronutrientes. Dichas interacciones pueden llevarse a cabo en el suelo y dentro de la planta. Debido a que estas interacciones modifican la nutrición de las plantas, deben ser atendidas y consideradas al proporcionar un suplemento de micronutrientes.

Relacionado con lo anterior Fitts y Hanway (1971) establecieron que, los elementos nutritivos para las plantas se encuentran en varias formas en el suelo, y su disponibilidad está influenciada no solo por la forma en la cual se encuentran, sino también por la presencia de otros elementos como hierro y aluminio solubles, en suelos ácidos y carbonatos de calcio libres en suelo calcáreos, que influyen fuertemente en la disponibilidad de los nutrientes.

Respecto al zinc, Tisdale y Nelson (1970) reportaron que el contenido de este elemento en la litósfera, ha sido estimado en aproximadamente 80 ppm y que su contenido total en los suelos oscila en 10-300 ppm, aunque estas concentraciones en los suelos no representan de ninguna manera la disponibilidad del mismo, ya que su aprovechamiento por las plantas se ve afectado por factores como: pH, contenido de fósforo, presencia de arcillas minerales, capacidad de intercambio catiónico, contenido de carbonatos, concentración de iones en la solución del suelo, etc., cuyos efectos han sido corroborados por diversos trabajos entre los que se encuentran los de Keefer y Estepp

(1971), Salardini y Murphy (1976), Saeed y Fox (1977), Singh y Shekhon (1977), Navrot et al., (1978).

Además en apoyo a lo anterior, Viets (1966) citado por Kubota y Allaway (1983), indicó que: el zinc es más deficiente en las plantas que se encuentran creciendo en suelos con horizontes superficiales calcáreos o en suelos arenosos ácidos lixiviados. Las deficiencias de zinc también pueden prevalecer donde los suelos son altos en fósforo disponible y las interacciones involucrando zinc, fósforo y hierro llevan a una pobre utilización del zinc por parte de las plantas. Además, los sitios que han recibido cantidades elevadas de estiércol, pueden también ser deficientes de zinc.

En tanto que Murphy y Walsh (1983), establecieron que las condiciones del suelo asociadas con deficiencias de zinc son: Suelos calcáreos, orgánicos y muy a menudo suelos recientemente nivelados o regados por inundación. Los mismos autores citan a Adriano y Murphy (1970), quienes consignaron que, otro factor que aparentemente puede afectar la disponibilidad del zinc es la temperatura del suelo.

A su vez, Lucas y Knezek (1983), propusieron que en general los siguientes factores pueden contribuir a las deficiencias de Zn en las plantas: Bajo contenido de zinc en el suelo; áreas de fuerte precipitación pluvial; suelos calcáreos; bajo contenido de materia orgánica en el suelo; alto contenido de fósforo en el suelo y zonas de raíz restringida (suelos compac

tos, planta en macetas).

Chapman (1973) también estableció las clases de suelos en los cuales más comúnmente ocurre la deficiencia de zinc y a manera de complementación de la lista anterior se puede agregar: Suelos alcalinos donde la disponibilidad de zinc es disminuída; algunos suelos orgánicos donde el zinc está enlazado en formas que no son fácilmente disponibles para las plantas y suelos conteniendo arcillas con baja relación Si/Mg.

Al igual que el resto de los elementos que se consideran esenciales para las funciones metabólicas, el zinc juega un papel de gran importancia dentro de la misma planta, aunque sea requerido por ésta solo en pequeñas cantidades. La concentración óptima para el zinc dentro de la planta, tiene un rango muy variable y además varía entre las diferentes especies vegetales. Alben et al., citados por Chapman (1973), establecieron que la concentración en un rango intermedio para el nogal es de 66 - 202 ppm, mientras que Jaynes (1979) y Jones (1983), consideraron que la concentración óptima en la misma especie es de 50 - 100 ppm. Para la Comarca Lagunera, según se establece en el Marco de Referencia del Grupo Interdisciplinario de Fruticultura del Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte (1983), los niveles inferiores a 60 ppm. en este cultivo se consideran como deficientes.

Debido a las características de esencialidad de el zinc en el desarrollo normal de las plantas, se le han reportado las si

güentes funciones en el metabolismo de las plantas:

Tisdale y Nelson (1970) y Domínguez (1978), asentaron que el zinc es necesario para la formación de las sustancias que estimulan el crecimiento, además de que constituyen una parte del sistema enzimático y es necesario para la producción normal de la clorofila.

Storey (1975 y 1981), en un estudio más a fondo encontró que, el zinc participa en la síntesis de la serina, la cual es precursora del ácido amino-tryptófano; éste es utilizado en la elaboración de proteínas y también puede ser convertido en ácido indolacético, el cual es conocido comúnmente como auxina. Las auxinas son hormonas de crecimiento en la planta, responsables primeramente de la extensión de las hojas y las ramas. Lo anterior trae como respuesta que la ausencia de este elemento en la planta puede provocar los siguientes síntomas de deficiencia los cuales son resaltados por varios autores.

Chapman (1973), estableció que en árboles frutales, las hojas pequeñas con crecimientos terminales arrosetados son comunes. Los cítricos muestran la típica clorosis internervial llamada "hoja moteada". En muchas plantas, el crecimiento terminal es afectado primero, y existe una disminución en la longitud del tallo y un arrosetado de las hojas. En maíz, se presenta una franja o banda blanca en la parte media más baja de las hojas.

Además en México, la Secretaría de Agricultura y Ganadería (1975), estableció que, la deficiencia de zinc se manifiesta primeramente en las puntas de las ramas de los frutales, en las cuales las hojas se ponen amarillentas y moteadas; a la siguiente temporada el follaje puede ser amarillo y las hojas angostas y arrugadas; los árboles severamente afectados producen un follaje de color amarillento a café rojizo que puede ser perforado; los brotes son muy cortos y las hojas son producidas en grupos compactos de follaje denso; aparecen crecimientos muertos y ramas pequeñas en los crecimientos anuales; tales árboles reducen su crecimiento; tiene vigor pobre y producen poco o ningún fruto (Campo Agrícola Experimental de la Laguna, 1980).

Por su parte Domínguez (1980), consignó que los síntomas característicos de la deficiencia de este elemento son: Crecimiento reducido; hojas terminales más pequeñas y yemas de escaso vigor; hojas con manchas amarillas y necróticas; en casos graves no se forma la semilla; el crecimiento en las ramas provoca los entrenudos cortos. Lo anterior también fué reportado de manera similar por Devlin (1980), así como por Weier et al., (1980).

Debido a la importancia funcional y la problemática que se presenta por la ausencia de zinc en la planta, provocada en ocasiones por su bajo contenido o por diversos factores que limitan su disponibilidad en el suelo Worley et al., (1972), establecieron que las hojas pequeñas y los brotes arrosetados como característica de la deficiencia de zinc en el cultivo del

nogal, son más frecuentemente encontrados en suelos con pH superior a 7. Lo anterior se relaciona con lo señalado por Smith y Storey (1976), en el sentido de que en suelos calcáreos las aplicaciones de zinc no suministran las cantidades adecuadas de este nutrimento para el buen desarrollo del nogal, debido a la formación de complejos y su respectiva inmovilización.

Por su parte Storey (1981), consignó que los síntomas de deficiencia de zinc pueden ser encontrados en muchas áreas productoras de nogal del estado de Texas en E.U.A.

A manera de complementación para describir la problemática presente en el suelo que favorece la indisponibilidad del zinc para las plantas y en particular para el cultivo del nogal, se ha encontrado en la literatura diversos trabajos relacionados con este tópico como el desarrollado por Salardini y Murphy (1976), quienes reportaron que cerca del 80% del zinc que se añade al suelo con características calcáreas es fijado en el mismo dentro de las dos semanas siguientes a su incorporación.

A su vez, Trehan y Sekhon (1977), afirmaron que el zinc puede ser absorbido por los carbonatos, la arcilla y la materia orgánica del suelo, y por su parte Navrot et al., (1978), reportaron que el factor que gobierna la absorción de los iones en el suelo es su gradiente de concentración en la solución del mismo, y Kalbasi et al., (1978) indican que por la aplicación del zinc al suelo y debido a la presencia de carbonatos de cal

cio, se pueden formar complejos del tipo carbonato de zinc ($ZnCO_3$), $(Zn_5(CO_3)_2(OH)_6)$ y $Ca(Zn(OH)_3)_2$.

Una gran cantidad de trabajos experimentales se han realizado teniendo como principal objetivo el de establecer la metodología más adecuada para corregir las deficiencias provocadas por la ausencia de zinc en las plantas, debido a los diversos factores que impiden su disponibilidad principalmente en las regiones con características alcalinas.

Thorne (1957), indicó en su análisis sobre la deficiencia de zinc y el control de la misma, que al comparar la aplicación de el sulfato y los quelatos de zinc, se logra corregir tal deficiencia más eficientemente mediante la aspersion del sulfato de zinc y sugiere que la necesidad de quelatos de este elemento en aspersiones no es tan crítica como para los quelatos de hierro.

Chapman (1973) señaló que las aspersiones foliares, aplicaciones al suelo, inyecciones al tronco del árbol, y el uso de piezas de zinc ó de hierro galvanizado, clavadas en el tronco y/o bordes de los árboles han sido utilizadas como tratamientos correctivos para la deficiencia provocada por este elemento, con varios grados de éxito, dependiendo de el cultivo, suelo y clima. En general, las aspersiones foliares usando sulfato de zinc han sido las más exitosas al aplicarlas en árboles.

Brown et al., (1961) citados por Chapman (1973), demostra

ron que la aplicación de zinc al suelo, como sulfato de zinc permanece en la pulgada superficial del suelo, aún después de lavarlo con 3 pies de agua, reportando además, que sin embargo la mayor parte del zinc inmovilizado fué disponible para las plantas. Citó también a Finch y Kinnison (1934), quienes encontraron que con 5 kilogramos de sulfato de zinc por árbol, aplicado en un círculo alrededor del tronco en un radio de aproximadamente 2 pies, dió control en suelos alcalinos, para árboles con troncos con 10 pulgadas de diámetro. Y por último también citó a Blackman (1947), quien asentó que la aspersión en primavera antes del crecimiento de los brotes con una solución conteniendo 4 libras de sulfato de zinc y 2 libras de cal hidratada por cada 100 galones de agua, aplicada anualmente, satisface las necesidades del cultivo.

Smith (1967), comparando al sulfuro, sulfato y óxido de zinc, como fuentes de este elemento para árboles de naranja "Valencia", encontró que durante el primer año después de la aplicación, el sulfato produjo la más alta concentración de zinc en las hojas. Después de 3 años el óxido provocó un efecto igual al del sulfato y, después de 5 años el óxido y el sulfato de zinc fueron igualmente efectivos para proporcionar el Zn. El sulfuro de zinc resultó ser una fuente muy pobre de Zn. También examinó métodos de aplicación de zinc al suelo y determinó que una aplicación amplia alrededor de los árboles o la localización de éste en bandas en la superficie alrededor de los mismos eran aceptables; ubicar la fuente de Zn en el subsuelo alrededor de cada árbol fué relativamente poco efectivo.

Boehle y Lindsay (1969) citados por Murphy y Walsh (1983), reportaron que la mayoría de los compuestos de Zn que pueden dissolverse fácilmente en HCl diluidos son adecuados para la aplicación en el suelo como fuentes de Zn para las plantas. Indicaron también que las aplicaciones de zinc en fertilizantes fluídos son adaptables al uso de $ZnSO_4$, quelatos de Zn, agentes formadores de complejos de Zn y ZnO finamente molidos. Asentado además que diversos quelatos sintéticos de Zn son rentables en el suelo y adaptables para la aplicación en el mismo. Puntualizaron que el zinc se mueve en forma muy lenta en el suelo. Aparentemente, la carencia de movilidad del zinc resulta en una pobre disponibilidad posicional cuando los materiales se aplican en la superficie. Respecto a las aplicaciones foliares de Zn como tratamientos de emergencia señalaron que las mismas son generalmente llevadas a cabo cuando se presentan síntomas de deficiencia, siendo suficientes únicamente para la cosecha actual y pueden requerirse aplicaciones repetidas durante un mismo año.

McNall (1967) citado por Murphy y Walsh (1983), estudió de talladamente las aplicaciones foliares de micronutrientes y observó que mientras los nutrientes podían ser absorbidos por las hojas de las plantas y por otras porciones aéreas de la misma, el suplemento foliar no era un sustituto para la fertilización del suelo. El beneficio derivado de la aplicación foliar, aún en su papel suplementario, podría deberse a la mayor eficiencia de absorción, la cual puede ser doce veces más eficiente que la aplicación al suelo.

Dibrova (1967) citado por Murphy y Walsh (1983), reportó que los tratamientos de presiembra a la semilla de maíz con $ZnSO_4$, no tienen efectos apreciables sobre la composición bioquímica de las plantas.

Rasmussen y Boawn (1969) también citados por Murphy y Walsh (1983), intentaron con semillas de frijol un tratamiento como fuente de zinc, concluyendo que ésto no era un sustituto efectivo para la fertilización con Zn, pero establecieron que el uso de tratamiento de zinc a la semilla en conjunción a la fertilización con este elemento eliminó completamente la deficiencia temporal escasa que se presentaba cuando el frijol recibió únicamente 11 kilogramos de zinc por hectárea en aplicación al suelo.

Para las condiciones que imperan en la Comarca Lagunera y con el Marco de Referencia de Fruticultura del Centro de Investigaciones Agrícolas del Norte (1983), mediante trabajos realizados en el CAELALA se generó la recomendación para abastecer de zinc al cultivo del nogal por medio de aspersiones foliares que consiste en tres aplicaciones (brotación, 18 de abril y 20 de mayo) con cualquiera de los siguientes productos, 2 litros de NZN, 1.25 kilogramos de sulfato de zinc o 1 kilogramo de nitrato de zinc, disueltos en 1000 litro de agua. Campo Agrícola Experimental de la Laguna (1980 y 1983).

Ante la gran facilidad con que el zinc es inmovilizado en el suelo y debido a la problemática que se presenta para pro-

porcionar este elemento al nogal, con este experimento se pretende investigar la posibilidad de desarrollar raíces adventicias en este cultivo, las cuales colocadas en medios con baja capacidad de fijación de zinc, permitan hacerlo más disponible para las plantas.

Uno de los experimentos más relevantes en esta área es el trabajo de Nijenshon (1977), quien probó la capacidad absorbente de las raíces adventicias en el cultivo de la vid (Vitis vinifera) desarrollándolas a partir del tronco en bolsas de polietileno rellenas de perlita. Una vez constatada la emisión de las raíces, realizó ensayos para probar su actividad y agregando una solución de 150 microcuries de P^{32} y 50 mg de P^{31} de fosfato de monopotasio como portador. Comprobando después de 48 horas de la aplicación mediante el uso de radiografías de hojas de diferentes edades que el fósforo fué absorbido por el sistema de raíces adventicias y transportándose al tejido foliar.

A la fecha no existe información en la literatura que muestre que esta metodología para el desarrollo de raíces adventicias haya sido estudiada en el cultivo del nogal y viendo su efectividad en la vid, este método podría ayudar a corregir las deficiencias de zinc que se presentan en el nogal y generar una alternativa que pudiese ser más efectiva para proporcionar zinc en cantidad suficiente y oportuna para este frutal.

III. MATERIALES Y METODOS

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo durante los meses de febrero a agosto de 1983, en las huertas de nogal de riego por goteo y colección de variedades del Campo Agrícola Experimental de la Laguna (CAELALA), en Matamoros, Coahuila.

Los análisis físico-químicos de las muestras de follaje y de suelo, así como los análisis estadísticos de los resultados se realizaron en el Laboratorio de Suelos y en el Centro de Biometría y Cálculo del propio Campo Experimental, respectivamente.

3.1. PREPARACION DE LOS INJERTOS

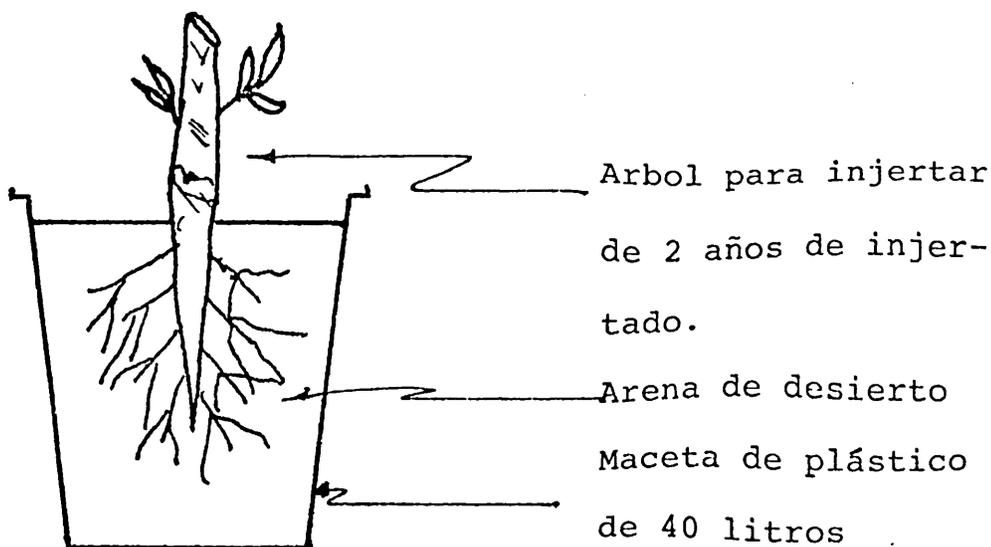


Figura 1. Corte transversal de la maceta de plástico con el árbol sembrado para injertarse. CAELALA, CIAN. 1983.

En febrero de 1983, se plantaron cinco nogales de la variedad Western y cuatro de la variedad Wichita de dos años de injertados en macetas de 40 litros, como se ilustra en la figura 1, las cuales se llenaron previamente con arena de desierto cuyo análisis físico-químico se muestra en el cuadro 1. Con el propósito de mantener la humedad en la maceta, éstas se regaron cada tercer día con agua potable de uso común en el CAELALA.

Cuadro 1. Resultado del análisis físico-químico efectuado al suelo que se utilizó para el llenado de las macetas, donde se colocaron los árboles de dos años de injertados. CAELALA, CIAN. 1983.

Profundidad	1/			pH	C.E.mhos/ cm a 25°C	CIC meq/100 g	M.O. %			
	Arena	Arcilla	Limo							
cm	93.88	5.76	0.36	7.55	1.0	5.87	0.08			
0-30	N %	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (meq/l)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
	0.14	47.41	700	3100	90	3.26	17.8	3.5	1.6	1.8

1/ Clasificación Textural = Suelo arenoso

3.2. METODOS DE ANALISIS

3.2.1. Análisis de Plantas y Suelos

Los métodos de análisis empleados para realizar las determinaciones físico-químicas de las muestras de follaje y de suelo fueron los que rutinariamente maneja el laboratorio de suelos, aguas y nutrición vegetal del CAELALA, los cuales se muestran en el cuadro 2.

Cuadro 2. Determinaciones físico-químicas hechas a las muestras de suelo y plantas en el laboratorio del CAELALA. Métodos de análisis y referencia bibliográfica de los mismos. 1983.

ANALISIS	MUESTRAS DE SUELO METODO	REFERENCIA
Textura	Bouyucos	USDA (1977)
pH	Lectura en Potenciómetro de Pasta 2:1	USDA (1977)
CE	Campbell	USDA (1977)
PSI	Lectura con absorción atómica del extracto de saturación	Perkin - Elmer (1982)
Materia orgánica	Walkely - Black	Jackson (1974)
ANALISIS	MUESTRAS FOLIARES METODO	REFERENCIA
Nitrógeno total	Kjeldhal	Jackson (1974)
Fósforo	Colorimétrico	Chapman-Pratss (1961)
Potasio	Absorción atómica *	Perkin - Elmer (1982)
Calcio	Absorción atómica	Perkin - Elmer (1982)
Magnesio	Absorción atómica	Perkin - Elmer (1982)
Sodio	Absorción atómica	Perkin - Elmer (1982)
Hierro	Absorción atómica	Perkin - Elmer (1982)
Cobre	Absorción atómica	Perkin - Elmer (1982)
Zinc	Absorción atómica	Perkin - Elmer (1982)

* Los análisis por absorción atómica, se hicieron en un aparato Perkin - Elmer 403.

3.2.2. Análisis Estadísticos

En este trabajo se compararon cuatro métodos para incorporar zinc al cultivo de nogal, que consisten en; aplicación de soluciones nutritivas a macetas con el sistema radicular extraedáfico, aspersión de zinc al follaje, incorporación de zinc al suelo y el manejo tradicional como testigo. Las soluciones nutritivas se prepararon con tres niveles de concentración de zinc y el resto de los elementos que las constituyeran mantuvieron su concentración constante. Lo anterior dió lugar a seis tratamientos diferentes, cada uno con tres repeticiones, teniendo por lo tanto 18 árboles como unidades experimentales bajo estudio en este experimento.

Para el análisis estadístico de los resultados obtenidos se consideró un diseño experimental completamente al azar. Para los datos obtenidos de los análisis foliares y de suelos se efectuó análisis de varianza, y además para la comparación de medias de tratamientos se utilizó la prueba de rango múltiple de Duncan.

3.3. SELECCION DE ARBOLES POR INJERTAR

Mientras se iniciaba la brotación de los árboles de las macaetas, se realizaron observaciones de los árboles localizados en los huertos de nogal del CAELALA; dichos árboles durante su desarrollo (a partir de la brotación de 1983) fueron tratados de acuerdo a las recomendaciones que como manejo tradicional se establecen por el Campo Agrícola Experimental de la Laguna (1980), que consisten en aplicación de 300 g de nitrógeno/cm de diámetro,

del tronco (50% en marzo y 50% en mayo), además de tres aspersiones de dos litros de NZN disueltos en 1000 litros de agua (brotación, 18 de abril y 20 de mayo).

La ubicación de los árboles que se seleccionaron para este trabajo, se puede apreciar en los cuadros 3 y 4; esta selección se fundamentó en que para principios de mayo y aún habiéndose realizado las aplicaciones de nitrógeno y zinc, como se indicó en el párrafo anterior, estos árboles presentaban las siguientes características: amarillamiento o clorosis, entrenudos cortos, yemas de escaso vigor, hojas arrosetadas y tamaño reducido en los brotes principalmente.

Como se podrá apreciar en los cuadros citados, los árboles escogidos tenían de uno a seis años de edad, y existían entre ellos una diversidad de variedades donde sobresalían la Western y la Wichita.

3.4. INJERTACION DE LOS ARBOLES

La realización de los injertos entre los árboles en desarrollo y los árboles que se plantaron en las macetas, se efectuó los días 17 y 18 de mayo de 1983, para lo cual se usó el método conocido como "Aproximación"; dicho procedimiento se ilustra en la figura 2.

Cuadro 3. Croquis de la Colección de Variedades de Nogal 1/ donde se indica la distribución y las características de los nogales, donde se aplicaron los tratamientos. 1983.

		TEJAS						KIOWA						FRUTOSO				
16		4	4	2	P	P	1	P	3	F	P	P	P	P	F	4		
		KIOWA						SHOSHONI						MOHAWK				
15		P	P	5	5	S	4	4	S	P	F	F	P	<u>3</u> ^{T6}	4	1		
		SIOUX						CHEROKEE						KIOWA				
14		6	4	P	S	P	P	5	P	P	5	S	4	P	P	1		
		SHAWNEE						WESTERN						CADDO				
13		S	5	P	P	P	4	4	P	1	1	6	P	6	P	6		
		GRATEX						FRUTOSO						SIOUX				
12		5	6	5	5	5	1	1	6	1	S	5	6	6	1	3		
		FRUTOSO						CAPE FEAR						SHOSHONI				
A 11		4	6	4	P	6	6	6	6	2	P	6	6	S	S	6		
		CADDO						WICHITA						CAPE-FEAR				
R 10		5	6	6	1	P	6	6	4	4	6	S	S	<u>T42</u>	4	1		
		WESTERN ^{T2}						MOHAWK						WICHITA				
B 9		4	4	P	<u>4</u>	4	6	P	6	1	P	1	1	4	P	6		
		WICHITA						CADDO						CHOCTAW				
O 8		4	4	P	4	4	6	1	4	6	P	6	1	6	1	P		
		CHEYENNE						SHAWNEE						^{T1} WESTERN				
L 7		6	4	6	4	6	P	P	6	5	P	<u>6</u>	3	1	1	5		
		CAPE FEAR						SIOUX						CHEROKEE				
E 6		P	3	3	3	1	P	6	6	4	P	6	1	P	6	6		
		SHOSHONI						GRATEX						CHEYENNE				
S 5		4	4	6	P	6	1	P	2	6	2	1	1	P	4	4		
		MOHAWK						CHOCTAW						^{T3} ₅ GRATEX				
4		P	5	2	6	6	6	4	6	4	6		5	4	5	6		
		CHOCTAW						^{T2}						SHAWNEE				
3		4	6	5	P	1	<u>4</u>	1	5	P	P	6	3	4	3	P		
		^{T5} CHEROKEE						CHEYENNE						TEJAS				
2		<u>4</u>	4	6	1	6	6	4	P	S	F	4	5	4	P	P		
		CRIOLLO						CRIOLLO						CRIOLLO				
1		P	P	P	P	P	6	P	6	P	P	6	P	P	S	P		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15		

SURCOS.

F=Falla; P=Patrón; S=Seco; 1, 2, 3, 4, 5, 6 = Edad de injertado hasta 1983.

1/ Medina y Murrieta (1982).

Cuadro 4. Croquis del Huerto del Nogal con riego por goteo 1/ donde se indica la distribución y las características de los nogales donde se aplicaron los tratamientos, 1983.

13	R	1	<u>T₅</u> 5	5	1	5	5	5	5	
12	1	R	1	2	<u>T₆</u> 1	<u>T₄</u> 4	5	2	5	
11	5	5	1	R	5	5	1	5	5	
A	10	R	5	1	4	2	5	5	R	4
R	9	1	1	1	5	5	2	5	R	5
B	8	5	5	1	1	R	5	5	5	5
O	7	<u>T₃</u> 5	5	R	1	1	4	2	2	5
L	6	5	1	1	5	1	<u>T₆</u> 1	5	5	R
E	5	1	R	5	1	1	5	5	1	5
S	4	5	4	5	1	5	1	5	1	<u>T₂</u> 5
	3	<u>T₁</u> 5	5	4	R	5	5	5	<u>T₁</u> 5	5
	2	5	2	3	5	<u>T₄</u> 5	5	5	5	<u>T₃</u> 5
	1	5	5	5	1	1	R	<u>T₅</u> 5	3	R
		1	2	3	4	5	6	7	8	9

HILERAS

R = Secos en 1982 y replantados en enero de 1983
 1, 2, 3, 4, 5 = Edad de árboles hasta 1983
 Árboles 1-13 hilera 1 y árboles 1 de hileras 1-9
 9 Wichita, resto Western. 1/ Godoy y Medina (1982).

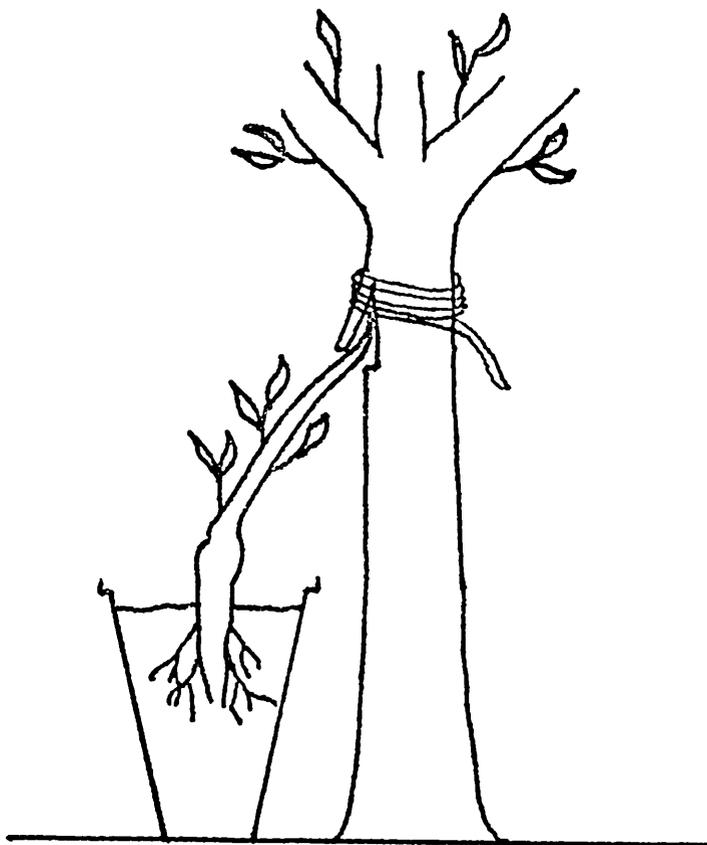


Figura 2. Esquema que muestra la forma en que se realizó el injerto por aproximación de los árboles bajo tratamientos.

El mencionado procedimiento consiste en realizar un corte diagonal en forma de púa en cada árbol de las macetas, y en los árboles por injertar un corte de aproximadamente 10 cm de longitud y 2 cm de ancho en la corteza; se coloca la púa bajo la corteza de los árboles para establecer la unión entre el cambium de ambos árboles. Para asegurar el contacto entre los árboles injertados, promover el desarrollo de callo y evitar la deshidratación del tejido de los árboles; se utilizaron como materia les protectores cera líquida y cinta de plástico con las cuales

se realizó un atado. Un mes después de haber realizado los injertos, se procedió a destaparlos para verificar el amarre entre los árboles y se comprobó mediante la presencia de callos que el injerto había prosperado.

3.5. PREPARACION DE SOLUCIONES NUTRITIVAS

Los materiales utilizados para la preparación de las soluciones madre que se emplearon en las soluciones utilizadas como tratamientos para el riego de las macetas, son los recomendados por Johnson et al., (1957), aclarándose que solamente se utilizaron aquellos materiales que proporcionan los macronutrientes y el zinc como se muestra en el cuadro 5.

Cuadro 5. Materiales y cantidades utilizadas para la preparación de las soluciones nutritivas.

COMPUESTO	PESO MOLECULAR g/mol	[SOLN.] MADRE g/l	VOL.DE SOLN.MADRE/ lt.DE SOL. FINAL ml	ELEM.	[FINAL] DEL ELEM. EN LA SOLN. ppm
KNO_3	101.10	101.10	6.0	N	224
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	236.16	236.16	4.0	K	235
$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	115.08	115.08	2.0	Ca	160
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	246.49	246.49	1.0	P	62
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	287.55	0.575	1.0	S	32
				Mg	24
				Zn	0.131

3.6. TRATAMIENTOS DE FERTILIZACION

Los tratamientos que se probaron fueron seis, los cuales tuvieron cada uno tres repeticiones y consisten en:

3.6.1. Soluciones Nutritivas para Riego

Los tratamientos que se identificaron como T₁, T₂ y T₃, son soluciones nutritivas utilizadas como riego y aplicadas en las macetas respectivas. En estas soluciones de riego se mantuvieron los niveles de N, P, K, Mg y S en forma constante mientras que para el zinc, en cada una de ellas se usó un nivel de concentración diferente, como se ilustra en el cuadro 6, además de utilizarse como soluciones nutritivas, se emplearon para mantener la humedad de las macetas.

Cuadro 6. Concentración de las soluciones nutritivas para los macroelementos y niveles de zinc expresadas en ppm, que se utilizaron en las macetas. 1983.

TRATAMIENTO	E L E M E N T O								
	N	K	Ca	P	S	Mg	Zn ₁	Zn ₂	Zn ₃
T ₁	224	235	160	62	32	24	0.131	—	—
T ₂	224	235	160	62	32	24	—	0.262	—
T ₃	224	235	160	62	32	24	—	—	0.393

Cada tercer día se aplicó un riego de 2 litros por maceta, del 23 de junio al 10 de agosto de 1983.

3.6.2. Aspersión Foliar

El tratamiento identificado como T₄ consistió en la aspersión al follaje de sulfato de zinc, de acuerdo a la dosis que el CAELALA (1980), recomienda para el cultivo del nogal en la Comarca Lagunera, a razón de 1.25 Kg de sulfato de zinc por cada 1000 litros de agua; se aplicó cada 10 días cubriendo completamente el follaje y después de realizar los muestreos de tejido foliar. Utilizando para su aplicación una aspersora de mochila con motor.

3.6.3. Incorporación de Zinc al Suelo

El tratamiento identificado como T₅ consistió en incorporar el sulfato de zinc (aprox. 28% de Zn), al suelo a razón de 10 Kg por árbol, los cuales se distribuyeron equitativamente en cuatro pozos de 30 cm de diámetro y 30 cm de profundidad, colocados en una circunferencia de 1.20 m de diámetro alrededor de la base de cada árbol; en la figura 3, se ilustra este procedimiento. El tratamiento T₅ fué aplicado una sola vez al inicio del experimento.

3.6.4. Manejo Tradicional

Los árboles testigo se identificaron como tratamiento T₆, a los cuales no se les aplicó ninguna fertilización adicional ya que como se aclaró en el inciso 3.3, todos los árboles habían recibido las aplicaciones de nitrógeno y zinc del manejo tradi-

cional para este cultivo en la Comarca Lagunera.

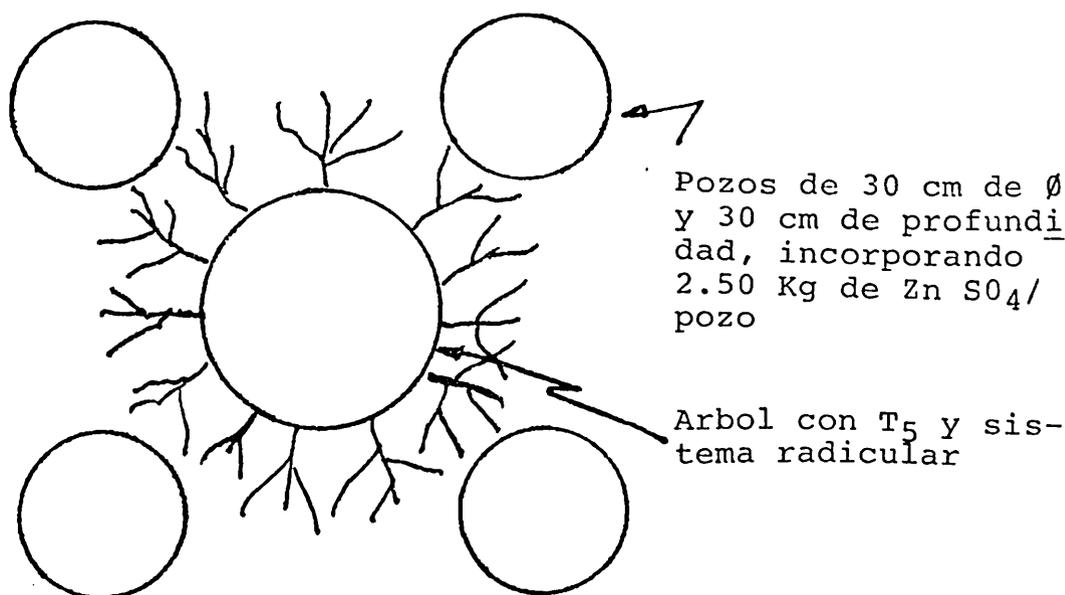


Figura 3. Vista superior del sistema para proporcionar zinc al árbol, mediante su incorporación al suelo. 1983.

3.7. MUESTREOS

Para determinar el efecto de los tratamientos que se aplicaron en este trabajo experimental se obtuvieron muestras de follaje y muestras de suelo del terreno y las macetas.

3.7.1. Muestreos Foliares

Para evaluar la disponibilidad de los nutrientes aplicados y su asimilación por los árboles, se tomaron muestras de follaje de acuerdo a la metodología reportada por Smith (1981), que

consiste en tomar dos folíolos de la parte media de una hoja, como se ilustra en la figura 4. Esta operación se repitió alrededor del árbol. Se tomaron de 20 a 25 puntos diferentes para tener aproximadamente cincuenta hojas como muestra representativa de cada árbol en estudio.

Con fecha 20 de junio y previo a la aplicación de los tratamientos se etiquetaron de 25 a 30 brotes de diferentes partes de cada árbol que sirvieron como punto de referencia para la toma de las muestras de tejido foliar; lo anterior también se ilustra en la figura 4 y se realizó con el propósito de que las muestras a tomar provinieran del material vegetal que brotó bajo el efecto de los tratamientos.

Muestras utilizadas
para análisis foliar

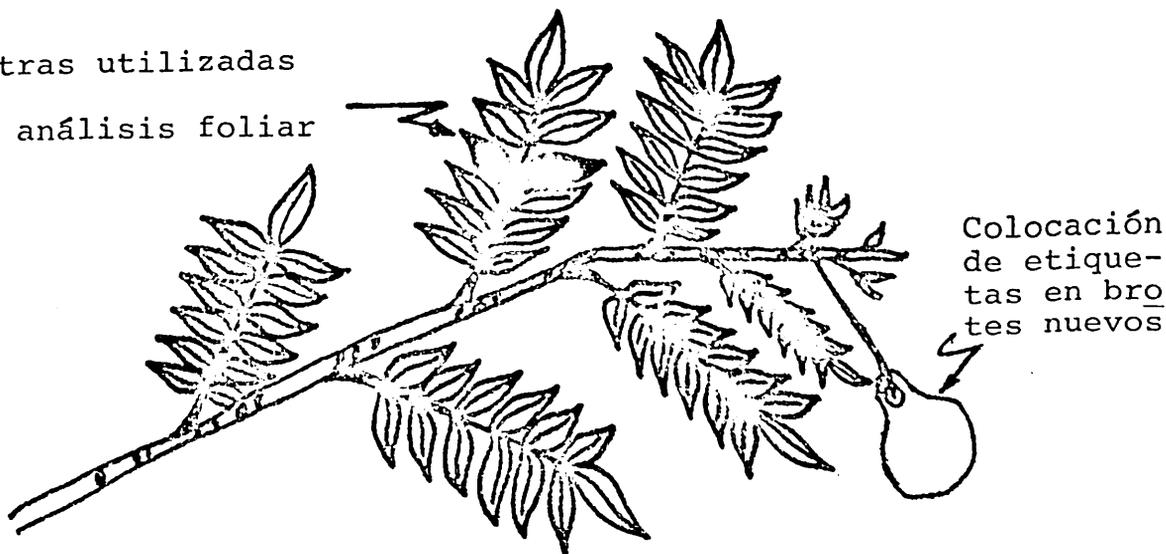


Figura 4. Diagrama que muestra el lugar indicado para la toma de muestras de tejido foliar en el cultivo de nogal y colocación de las etiquetas de los brotes nuevos.1983.

La colocación de etiquetas también se realizó en idéntica forma aunque en menor cantidad (solo en cuatro brotes) en los árboles de las macetas, debido a que la cantidad de los brotes era menor, para así obtener muestras de follaje de dichos árboles. El propósito de lo anterior, fué comprobar que en caso de existir la absorción de los elementos incorporados por las soluciones nutritivas se pudiese evaluar su efecto tanto en los nogales de las macetas como en los que fueron injertados.

3.7.2. Muestreos de Suelos ✓

Para determinar la concentración de elementos y su comportamiento en el suelo, es decir si los nutrientes que se incorporaron fueron removidos hacia los árboles por el sistema radicular de los nogales que se encontraban plantados en tales recipientes, se tomaron muestras de suelo de las macetas donde se aplicaron las soluciones nutritivas.

Este muestreo se realizó utilizando una barrena Vehimeyer, la cual fué introducida a las macetas procurando evitar perjudicar el sistema radicular que se encontraba desarrollado en dichos recipientes.

Los muestreos mencionados anteriormente tanto en follaje como en el suelo fueron realizados antes de iniciar los tratamientos y posteriormente con intervalos de 10 días después de haber dado comienzo a éstos. Las fechas de los muestreos realizados se reportan en el cuadro 7.

Cuadro 7. Relación del número y fecha de los muestreos foliares y de suelo. 1983.

MUESTREO	FECHA	INTERVALO
1 (Referencia)	Junio 20 y 21	— —
2	Julio 1o.	10 Días
3	Julio 11	10 Días
4	Julio 21	10 Días
5	Julio 31	10 Días
6	Agosto 10	10 Días
7	Agosto 20	10 Días

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1. DE LOS ANALISIS DE SUELOS

En base a los resultados de los análisis realizados a las muestras de suelo obtenidas de las macetas y cuyos datos se concentran en el cuadro 8, se puede considerar que las características físico-químicas determinadas para cada uno de los tratamientos donde se utilizaron las soluciones nutritivas, se mantuvieron sin variaciones considerables, por lo que la disponibilidad de los nutrientes para los árboles se afectó de igual manera en cada tratamiento durante el desarrollo del experimento. Debido a lo anterior, el hecho de que algún elemento haya aumentado o disminuido su concentración en la solución del suelo, se deberá a que al aplicarse como solución nutritiva o bien fué inasimilable por antagonismos iónicos como manganeso y hierro contra zinc, o los elementos incorporados, pasaron a formar parte del tejido vegetal de los árboles que aprovecharon su disponibilidad.

Por otro lado, aunque se hayan determinado coeficientes de variación de 96, 103 y 100% para el limo, la clasificación textural del suelo sigue siendo arenosa. En el caso de la conductividad eléctrica la variación encontrada para los coeficientes, fué de 47.4, 34.5 y 51.3% puede deberse posiblemente a errores de análisis ya que los valores que más afectan dicha variación se reportaron en los muestreos 3 y 7 para los tres tratamientos con las soluciones nutritivas. Por lo anteriormente expuesto se

Cuadro 8. Resultados del análisis físico-químico de las muestras 1/ de suelo que se obtuvieron durante la aplicación de soluciones nutritivas a las macetas. 1983.

		N U M E R O D E M U E S T R E O .							\bar{X}	S	C.V. (%)
		1	2	3	4	5	6	7			
ARENA (%)	T ₁	93.8	87.8	91.8	93.8	93.8	93.8	90.0	91.9	2.29	2.49
	T ₂	93.8	91.8	91.8	93.8	93.8	93.8	90.0	92.5	1.43	1.54
	T ₃	93.8	91.8	93.8	93.8	93.8	93.8	92.0	93.2	0.89	0.96
<u>2/</u> ARCILLA (%)	T ₁	5.8	8.2	6.8	5.8	5.8	5.8	5.8	6.3	0.80	14.07
	T ₂	5.8	6.8	6.8	5.8	5.8	5.8	5.8	6.1	0.51	8.32
	T ₃	5.8	6.8	6.8	5.8	5.8	5.8	5.0	6.0	0.65	10.84
LIMO (%)	T ₁	0.4	4.0	1.4	0.4	0.4	0.4	4.2	1.8	1.67	95.86
	T ₂	0.4	1.4	1.4	0.4	0.4	0.4	4.2	1.4	1.34	103.35
	T ₃	0.4	1.4	0.4	0.4	0.4	0.4	3.0	0.8	0.93	100.0
pH	T ₁	7.5	7.8	7.8	7.8	7.6	7.7	7.5	7.7	0.11	1.49
	T ₂	7.5	7.8	7.6	7.9	7.6	7.8	7.8	7.7	11.18	1.44
	T ₃	7.5	7.5	7.7	7.8	7.6	7.7	7.7	7.6	0.095	1.24
CIC (meq/ 100g)	T ₁	1.02	4.67	4.78	4.78	4.46	5.22	4.78	4.78	0.23	4.74
	T ₂	1.02	4.02	4.24	4.35	4.78	4.35	4.35	4.35	0.22	5.19
	T ₃	1.02	4.78	4.78	4.78	4.67	4.89	4.78	4.78	0.06	1.32
M.O. (%)	T ₁	0.08	0.08	0.08	0.07	0.07	0.08	0.08	0.076	0.005	6.18
	T ₂	0.08	0.08	0.08	0.07	0.08	0.08	0.08	0.078	0.004	4.78
	T ₃	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.0	0.0
C.E. (mmhos/ cm) a 25°C	T ₁	1.0	1.25	3.00	1.70	0.55	1.25	2.25	1.66	0.78	47.4
	T ₂	1.0	2.50	3.00	2.50	1.25	1.00	2.50	2.125	0.73	34.46
	T ₃	1.0	1.25	3.50	1.25	1.10	1.10	2.60	1.80	0.92	51.3

1/ Cada muestra se compuso de tres submuestras tomadas de las macetas donde se aplicaron los tratamientos T₁, T₂ y T₃

2/ Clasificación textural - suelo arenoso

puede establecer que los medios donde se aplicaron las soluciones nutritivas se pueden catalogar como homogéneamente iguales, aunque sin llegar a ser completamente inertes, lo cual, pudo aún seguir afectando o interactuando para disminuir la disponibilidad de los elementos nutritivos.

4.2. CONCENTRACION Y DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

De los resultados de los análisis que se realizaron para determinar la concentración y la disponibilidad de los elementos nutritivos tanto en las muestras de follaje como en las de suelo, cuyos datos se concentraron en los cuadros 1A hasta 10A del apéndice, se observó que la cantidad de nutrientes tanto en el follaje como en el suelo varían con el tiempo, comportamiento que se puede apreciar en las figuras 1 a 9 para los diferentes elementos que se evaluaron. En cada uno de los casos a que se refieren dichas figuras se encuentran tres figuras relacionadas con: (a) contenido de nutrientes en el follaje del árbol injertado; (b) contenido de nutrientes en el follaje del árbol de la maceta; y (c) contenido de nutrientes en el suelo de la maceta; cada una de ellas se encuentra graficada contra número de muestreos. A continuación se establece la discusión del comportamiento presentado por cada elemento determinado. Además los efectos medios provocados por la acción de cada uno de los tratamientos que se emplearon según las tablas 1A a 9A del apéndice, se compararon con el rango de valores intermedios que para cada elemento nutritivo establecen Chapman (1983) y Walsh y Beaton (1973), en el cuadro 13A del apéndice, para el culti-

vo de nogal.

4.2.1 Del Zinc, Calcio, Manganeso y Magnesio

Para facilitar la interpretación de los resultados obtenidos se decidió agrupar los elementos zinc, calcio, manganeso y magnesio, esta agrupación es debida principalmente a que al realizar el análisis de varianza para los contenidos de nutrientes en el follaje del árbol injertado y efectuar la prueba F de significancia en el cuadro 11A del apéndice, se encontró que para todos estos elementos existía una diferencia significativa y una diferencia altamente significativa, excepto para el magnesio entre los tratamientos que se manejaron en este experimento al menos para estos elementos.

Para el zinc, de la figura 5(a) y de acuerdo con los valores obtenidos de las medias de tratamientos en el cuadro 1A del apéndice, se pueden formar dos grupos de los seis tratamientos que se manejaron, el primero de ellos con T₁, T₃ y T₆ y el segundo con T₂, T₄ y T₅. La diferencia apreciable entre los dos grupos, es que el primero de ellos mantiene en cada media de tratamiento una concentración de zinc menor a 66 ppm, mientras que el segundo grupo se caracteriza porque cada media de tratamiento mantiene sus valores entre 66 y 202 ppm, los cuales se consideran como el rango intermedio para el zinc en el nogal, de acuerdo al cuadro 13A del apéndice. Por lo anteriormente expuesto se puede establecer que el grupo constituido por los tratamientos T₁, T₃ y T₆ no satisface los requerimientos de zinc por el nogal, mientras que los tratamientos T₂, T₄ y T₅ si sa-

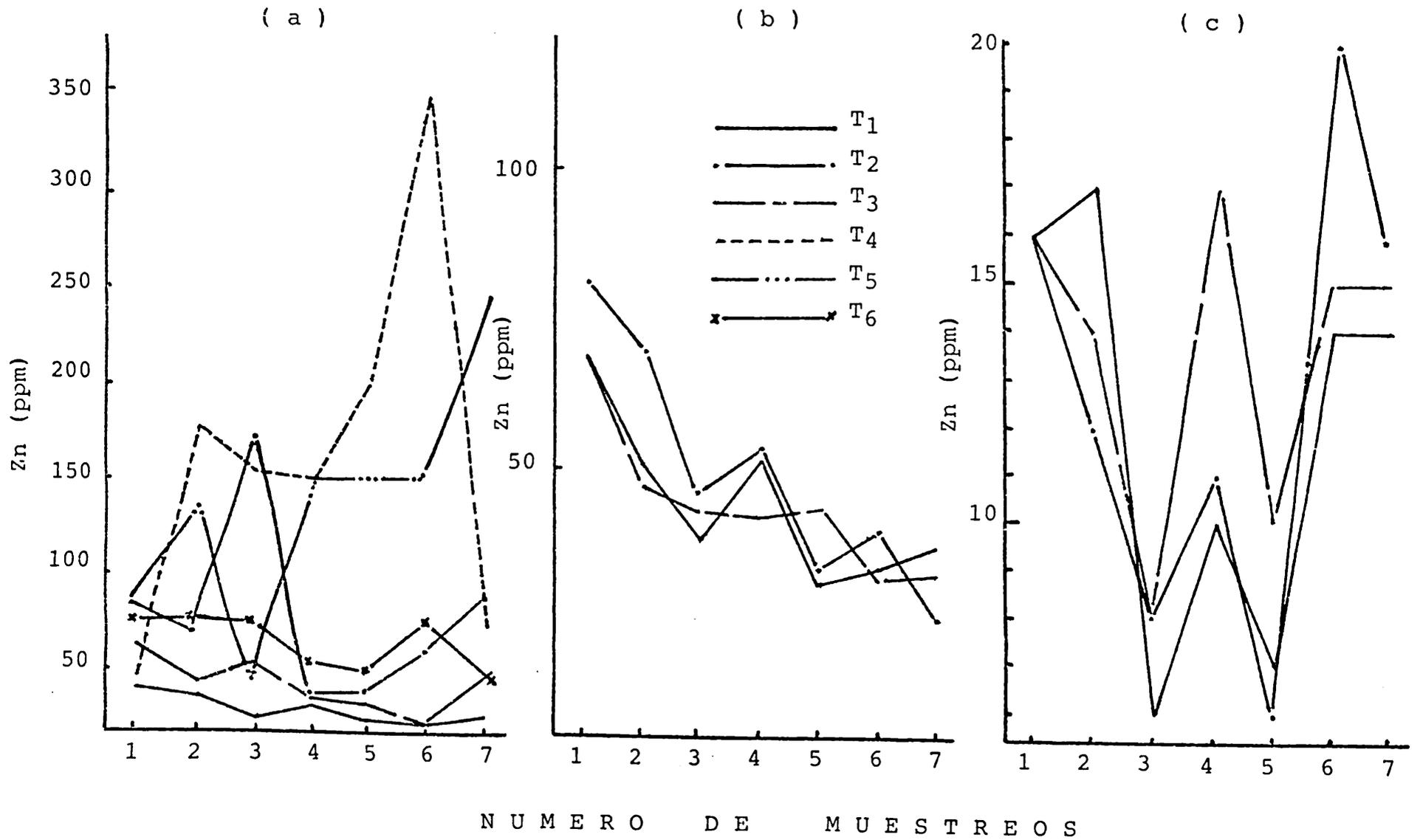


Figura 5. Variación en la concentración de zinc de las muestras de tejido foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983.

tisfacen tales requerimientos.

También de la figura 5(a) se puede observar que los tratamientos T_1 , T_3 y T_6 generan curvas cuya tendencia es disminuir la concentración de zinc conforme avanza el tiempo, mientras que las curvas de los tratamientos T_2 , T_4 y T_5 , muestran tendencia a aumentar la concentración de zinc en el follaje conforme transcurre el tiempo principalmente los dos últimos, ya que el tratamiento T_2 aunque presenta un comportamiento variable, su tendencia es mantener un nivel medio de aproximadamente 80 ppm. El comportamiento presentado bajo el efecto de los tratamientos T_4 y T_5 pudo haber sido causado por: el caso del tratamiento T_4 que consistió en la aspersion al follaje de sulfato de zinc cada 10 días, las concentraciones que determinaron se debieron al período tan corto que existió entre cada aplicación, mientras que el tratamiento T_5 que consistió en aplicar 10 kg de sulfato de zinc en la base del árbol probablemente logró saturar de zinc al suelo en la zona de aplicación y facilitar el proceso de su absorción por el sistema radicular. La disminución de la concentración de zinc a través del tiempo que semena para los tratamientos T_1 , T_3 y T_6 indica que los requerimientos de zinc en los árboles pueden ser más necesarios y más altos durante el desarrollo del follaje, ya que como función dentro de la planta, se ha determinado que participa en la elaboración de sustancias que estimulan el crecimiento según Tisdale y Nelson (1970) y Domínguez (1978).

Con respecto a la comparación de medias de tratamiento y

mediante la prueba de rango múltiple de Duncan, para el zinc y según el cuadro 14A del apéndice, se puede determinar que no existe diferencia significativa entre los tratamientos T₁, T₂, T₃ y T₆; T₂ y T₅; y T₄ y T₅, mientras que no existe diferencia altamente significativa entre los tratamientos T₂, T₄, T₅ y T₆, lo mismo que sucede entre los tratamientos T₁, T₃ y T₆. Por lo que de este análisis se puede establecer que para el nivel 5% el efecto de los tratamientos T₄ (aspersión foliar) y T₅ (incorporación al suelo) serían los más apropiadamente recomendables para proporcionar zinc al nogal, sin descartar del todo al tratamiento T₂ (solución nutritiva y sistema radicular extraedáfico), ya que no existe diferencia significativa para proporcionar el zinc si se compara este tratamiento con la aspersion foliar, ya que los requerimientos de zinc por el nogal se siguen satisfaciendo. Como también del mencionado análisis se determinó que entre los tres tratamientos con el sistema radicular extraedáfico y el manejo tradicional o testigo no existe diferencia significativa, esta respuesta puede deberse a las bajas concentraciones que se utilizaron para zinc en las soluciones nutritivas. Para el nivel de 1% de significancia el efecto de los tratamientos T₂, T₄, T₅ y T₆, no acusó diferencia significativa entre ellos, por lo que para proporcionar zinc al nogal se pudiese recomendar cualesquiera de estos métodos. En cambio, si se utilizan los tratamientos T₁, T₃ y T₆, tampoco existiría diferencia significativa entre ellos. sin embargo, la disponibilidad de zinc mostró no ser la adecuada para satisfacer las necesidades del nogal.

De la figura 5(b), se puede determinar que las concentraciones de zinc en el follaje del árbol de la maceta, tienden a disminuir para los tres tratamientos con las soluciones nutritivas conforme pasa el tiempo, mientras que del análisis de varianza, cuyos datos se concentran en el cuadro 12A del apéndice se puede concluir que no existe diferencia significativa entre el efecto de los tratamientos.

De la figura 5(c), aunque las curvas presentan variaciones debido a los contenidos de zinc en el suelo que fluctúan entre 6 y 17 ppm, las medias de los tratamientos se mantienen cerca del nivel más bajo de concentración de zinc que Tisdale y Nelson (1970) establecieron para los suelos. Al comparar la concentración media de zinc de los tratamientos se puede apreciar que tal concentración disminuyó conforme pasó el tiempo, lo cual puede ser una señal de que existió el desplazamiento de este elemento desde la solución del suelo hacia el follaje.

Para analizar el calcio de la figura 6(a) se pueden integrar dos grupos de los seis tratamientos, el primero de ellos constituido por los tratamientos T₁, T₄, T₅ y T₆, los cuales se caracterizan porque inicialmente la concentración de este elemento dentro de la planta para cada uno de ellos fué elevada, pero con la tendencia a descender al menos hasta la cuarta y quinta fecha de muestreo (31 de julio y 10 de agosto), de donde la concentración en el follaje se incrementó de nuevo. Mientras que el segundo grupo constituido por los tratamientos T₂ y T₃ siempre presentan una mayor concentración en el follaje

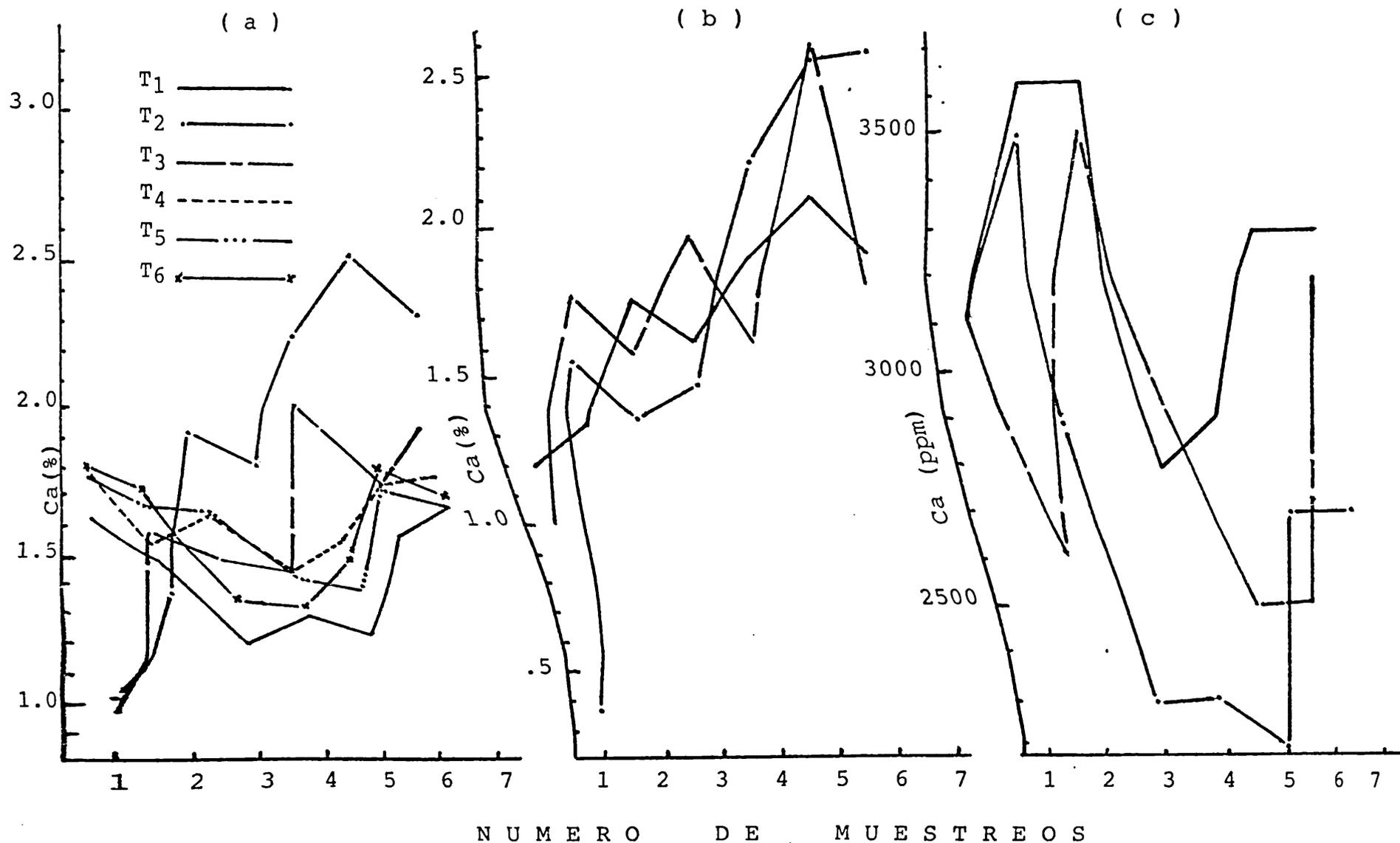


Figura 6. Variación en la concentración de calcio de las muestras de tejido foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983.

para este elemento conforme transcurre el tiempo.

De las medias de tratamientos que se agrupan en el cuadro 2A del apéndice, se puede establecer que el tratamiento T_1 es el único que se mantiene dentro del rango intermedio de 0.7 - 1.5 ppm, que para el calcio según el cuadro 13A del apéndice requiere el nogal, mientras que los tratamientos T_3 , T_4 , T_5 y T_6 . se mantienen ligeramente arriba del mencionado rango y a su vez el T_2 es un valor significativamente mayor que ese rango. Con respecto a la comparación de medias de tratamientos mediante la prueba de Duncan, cuadro 15A del apéndice, se determinó que el tratamiento T_2 es completamente diferente del resto de ellos. Por lo tanto, es el que provoca que exista diferencia significativa y altamente significativa entre los tratamientos que se manejaron.

En la gráfica 6(b) se puede apreciar que las concentraciones de calcio en el follaje del árbol de la maceta tienden aumentar para los tres tratamientos con soluciones nutritivas conforme transcurre el tiempo. Cabe destacar que si se comparan las tres curvas, la que presenta mayor pendiente para aumentar la concentración de calcio en el follaje es la del tratamiento T_2 . El comportamiento que presentan las curvas ya mencionadas, puede considerarse como la causa que dió origen a la mayor concentración de calcio en el follaje del árbol injertado, lo que provocó la diferencia significativa entre tratamientos al aplicar la prueba F. Al igual que para el zinc, al realizar el análisis de varianza entre los tratamientos con solución nutriti-

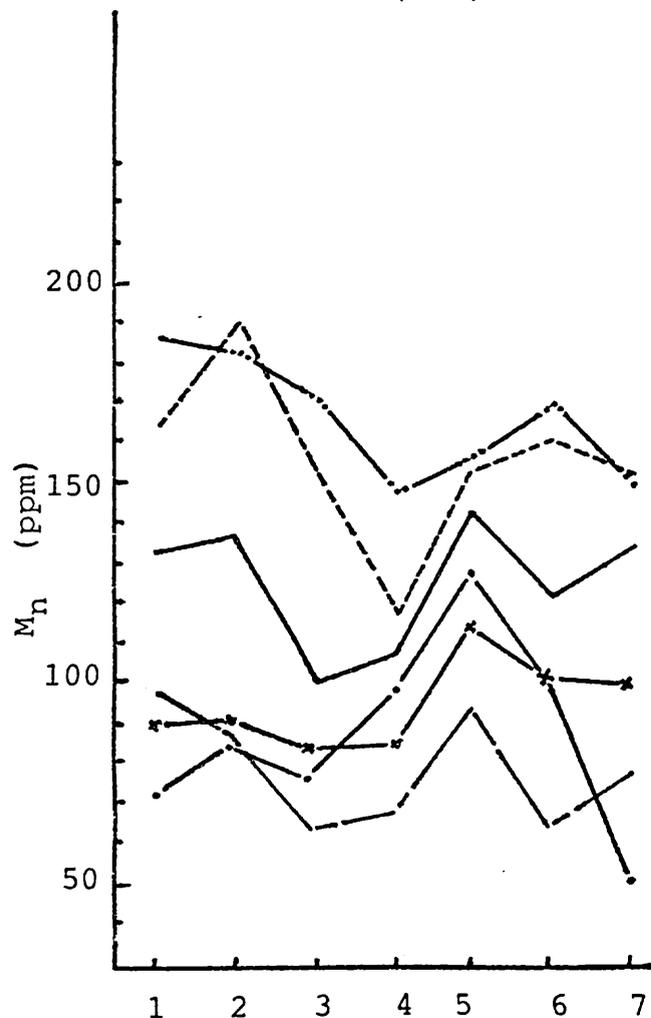
va en las macetas, cuadro 12A del apéndice, no se encuentra diferencia significativa entre los tratamientos que proporcionan calcio.

De la gráfica 6(c), al igual que el zinc, el calcio dentro del suelo presenta una gran variación, aunque de manera general se puede considerar que la concentración de este elemento va disminuyendo conforme avanza el tiempo. Con lo cual se puede justificar el comportamiento del calcio en los follajes al aumentar su concentración según se discutió en las figuras 6(a) y 6(b).

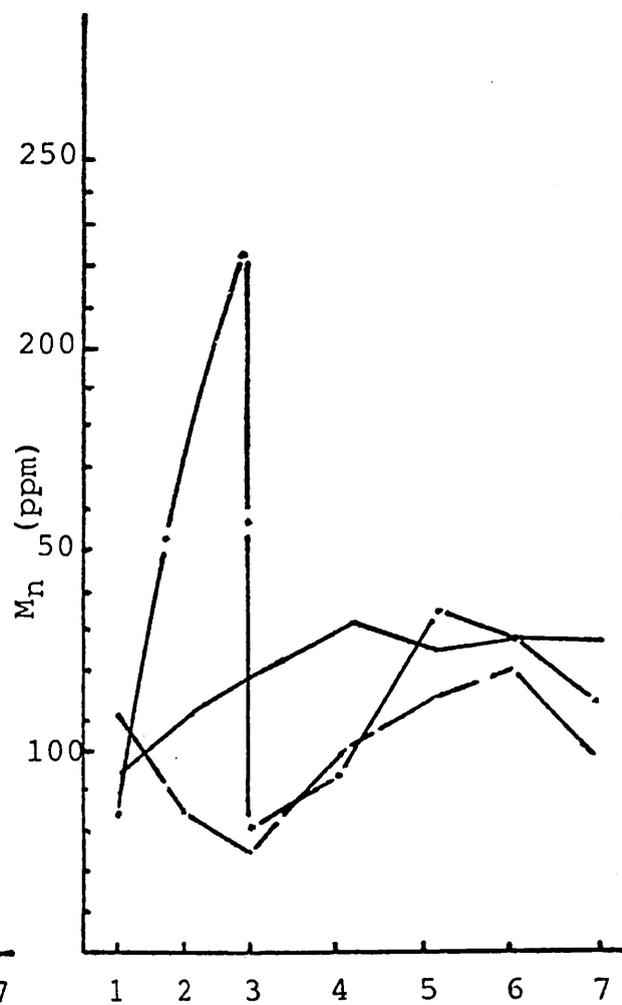
Para el manganeso de la figura 7(a), se pueden formar dos grupos de los seis tratamientos, el primero constituido por las curvas de los tratamientos T_3 , T_4 y T_5 , cuya tendencia general es que la concentración de este elemento en el follaje disminuye con el transcurso del tiempo, mientras que la tendencia del segundo grupo, integrado por los tratamientos T_1 , T_2 y T_6 se encuentra en sentido contrario, de estos últimos sobresale el tratamiento T_2 que se caracteriza por una concentración cada vez mayor de este elemento dentro de la planta hasta la cuarta fecha del muestreo, ya que de ahí en adelante desciende drásticamente.

Al comparar las medias de tratamiento del cuadro 3A del apéndice, con el rango intermedio de manganeso para el cultivo de nogal según el cuadro 13A del apéndice, se puede establecer que los tratamientos T_4 y T_5 se encuentran por encima del va-

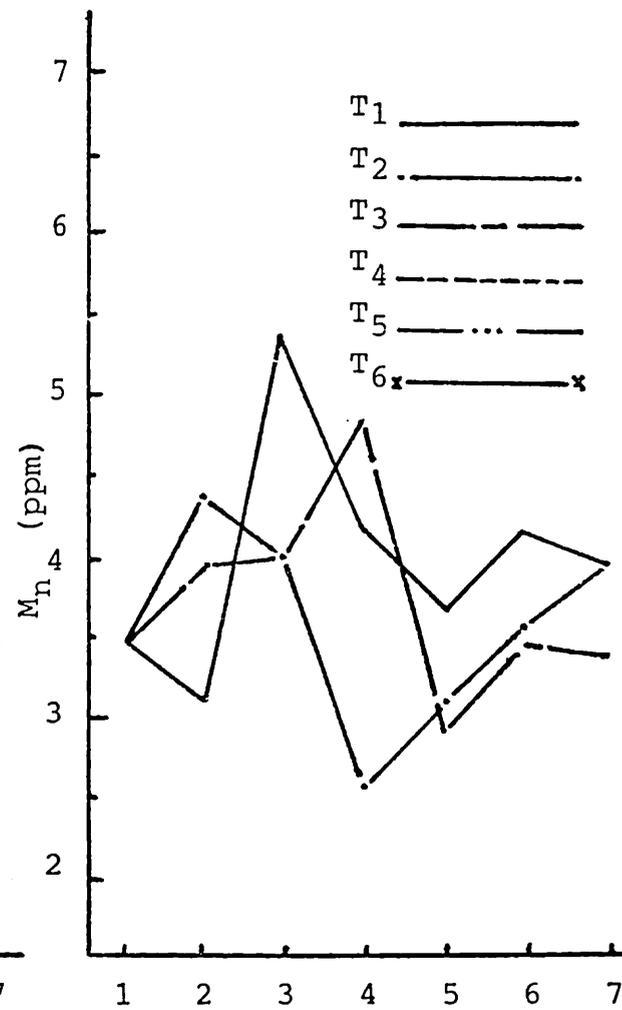
(a)



(b)



(c)



N U M E R O D E M U E S T R E O S

Figura 7. Variación en la concentración de manganeso de las muestras de tejido foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983.

lor inferior, mientras que el resto de los tratamientos no alcanza ni dicho valor mínimo.

La diferencia significativa que existe en el análisis de varianza es debido principalmente a que existe una variación amplia entre las medidas de tratamientos, lo cual se corrobora con la comparación de estas medias mediante la prueba de Duncan del cuadro 16A del apéndice, de donde se ha determinado que para el nivel 5% los tratamientos que generan tal diferencia significativa son T_4 y T_5 , los cuales como se estableció anteriormente, son los únicos que mantienen la concentración del manganeso dentro del rango intermedio que este elemento tiene en el nogal, que es de 150 - 500 ppm (cuadro 13A del apéndice).

De la figura 7(b), se puede establecer que el tratamiento T_1 es el único que presenta una tendencia clara a aumentar la concentración del manganeso en el follaje del árbol de la maceta, aunque ésto no significa que se haya encontrado diferencia significativa al compararlo con los tratamientos T_2 y T_3 . Es posible que el comportamiento que presenta en esta figura el T_1 , pueda ser debido a que las concentraciones de zinc que en los otros tratamientos fué respectivamente el doble y el triple de la que poseía el T_1 , presentasen un antagonismo contra el manganeso debido principalmente a las características de cationes divalentes positivos, ya que son sus principales formas de asimilación por el sistema radicular.

En la figura 7(c) se aprecia que el comportamiento de las

curvas presentan una disponibilidad uniforme para que el manganeso sea aprovechado por los árboles a través del sistema radicular, este comportamiento aunque con niveles bajos puede deberse a las impurezas que los reactivos químicos utilizados en la preparación de las soluciones nutritivas contenían.

De la figura 8(a) para el magnesio, se pueden formar dos grupos de los seis tratamientos, el primero con los tratamientos T₂, T₃ y T₅, los cuales se caracterizan porque a partir del muestreo de referencia, presentan un descenso drástico con respecto a la concentración de este elemento en el follaje y a partir del primer muestreo bajo el efecto de los tratamientos el contenido de magnesio tiende a disminuir su contenido más ligeramente con respecto al tiempo, lo que ocurre de igual forma con el segundo grupo de tratamientos constituido por T₁, T₄ y T₆, los cuales presentan el comportamiento ya mencionado durante todo el experimento.

Aún con el comportamiento descrito y la agrupación de tratamientos realizada, este elemento se caracteriza porque sus medias de tratamientos se mantienen dentro del rango intermedio que para este elemento se establece en el cuadro 13A del apéndice.

De la comparación de medias de tratamientos en el cuadro 17A del apéndice mediante la prueba de Duncan, se determinó que, el efecto de los tratamientos T₃, T₄, T₅ y T₆ no son significativamente diferentes entre ellos; lo mismo sucede con los tra-

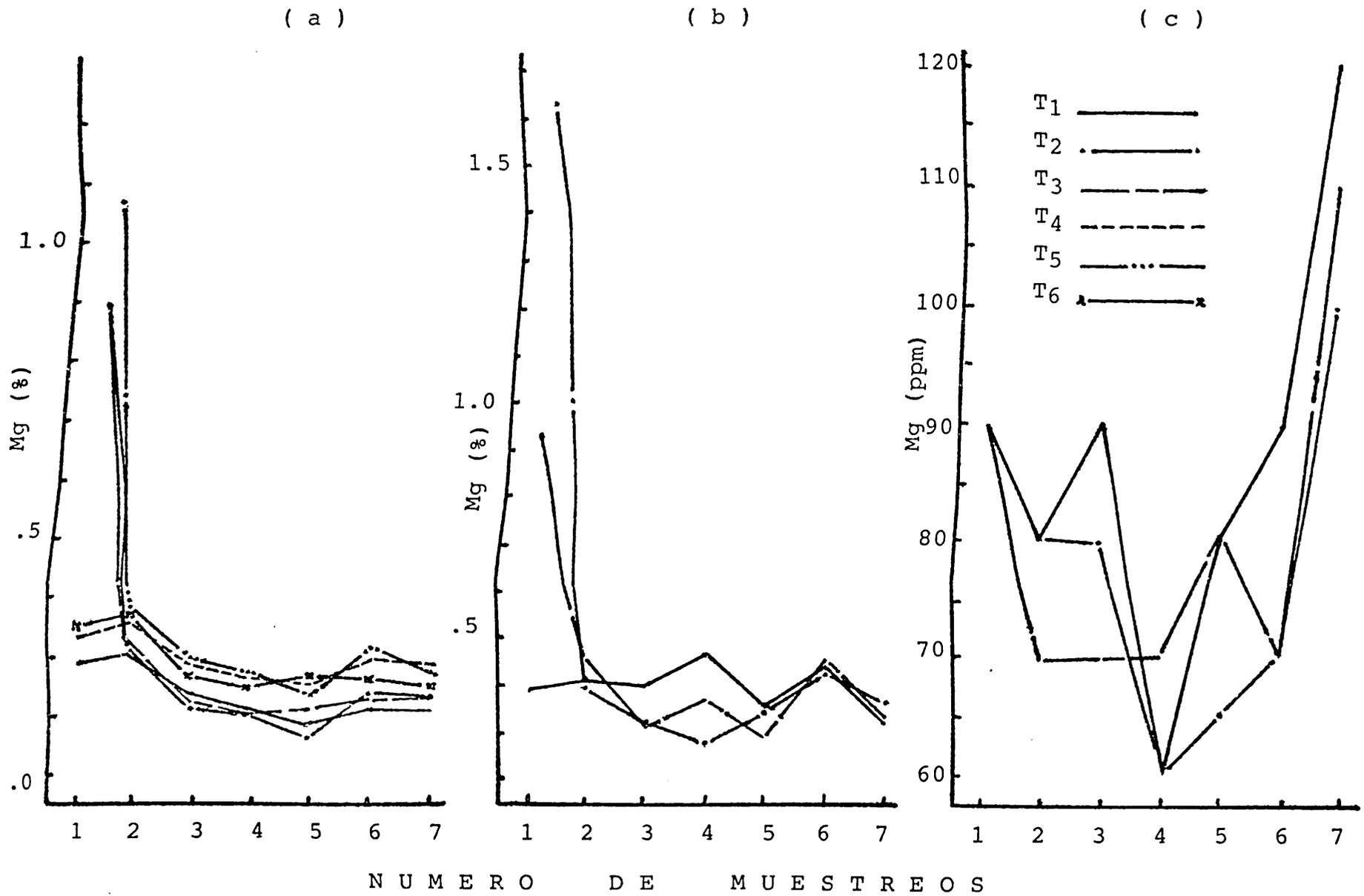


Figura 8. Variación en la concentración de magnesio de las muestras de tejido foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983.

tamientos T_1 , T_2 , T_3 y T_6 , pero ambos grupos al compararlos en tre sí presentan diferencia significativa aunque T_2 y T_6 sean comunes para tales grupos.

La figura 8(b), se caracteriza porque tanto los tratamientos T_2 y T_3 , así como el T_1 presentan comportamientos idénticos a los descritos para que estos mismos tratamientos en la figura 8(a), que consisten en que los dos primeros presentan una gran concentración de magnesio dentro del follaje entre el muestreo de referencia y el primer muestreo bajo el efecto de los tratamientos y de ahí en adelante, la concentración de magnesio disminuye, lo cual ocurre también para T_1 durante todo el período del experimento. Además, en este caso tampoco se determinó diferencia significativa entre los contenidos de magnesio en el follaje del árbol de la maceta.

En la figura 8(c), se encontró para los tres tratamientos desde el inicio hasta la mitad del experimento que la concentración de magnesio disminuye, probablemente porque se encuentra siendo asimilado por el árbol, y de ahí en adelante aunque se haya determinado mayor concentración de magnesio en el suelo, este elemento ya no fué aprovechado por la planta, ya sea por la formación de complejos dentro del suelo, por una saturación de las necesidades nutricionales del nogal o bien como establece Olsen (1983), por el antagonismo que se presenta entre zinc y magnesio porque ambos poseen casi el mismo radio iónico.

4.2.2. Del Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Hierro y Cobre.

Si la agrupación de zinc, calcio, magnesio y manganeso, se realizó por la significancia presentada en el análisis de varianza, esta agrupación se caracteriza por la situación contraria, ya que ninguno de estos elementos presentaron diferencia significativa en el análisis de varianza, cuadro 11A del apéndice.

Salvo la excepción que se hace con el potasio, ya que este elemento fué el único que presentó en el cuadro 12A del apéndice diferencia significativa en la concentración de nutrientes en el follaje del árbol de la maceta.

De las figuras 9(a) y 9(b), se puede establecer que aunque en ellos se encuentra una gran variabilidad por las concentraciones de nitrógeno de los diferentes tratamientos empleados, el efecto provocado por tales tratamientos no genera diferencia significativa, como ya se mencionó al realizar el análisis de varianza según el cuadro 11A del apéndice. Además, las medias del efecto de tratamientos localizadas en el cuadro 5A del apéndice, se mantienen dentro del rango intermedio que para el nitrógeno requiere el nogal (cuadro 13A del apéndice). Mientras que de la figura 9(c), se puede determinar que la concentración de nitrógeno en el suelo aumentó casi en idéntica forma para los tres tratamientos. Lo cual está plenamente justificado, ya que este elemento no presentó variación en la concentración de las diferentes soluciones nutritivas que se manejaron. Además, cabe la posibilidad de que la cada vez mayor concentración de nitrógeno en el suelo, podría inducir según Olsen (1983), la

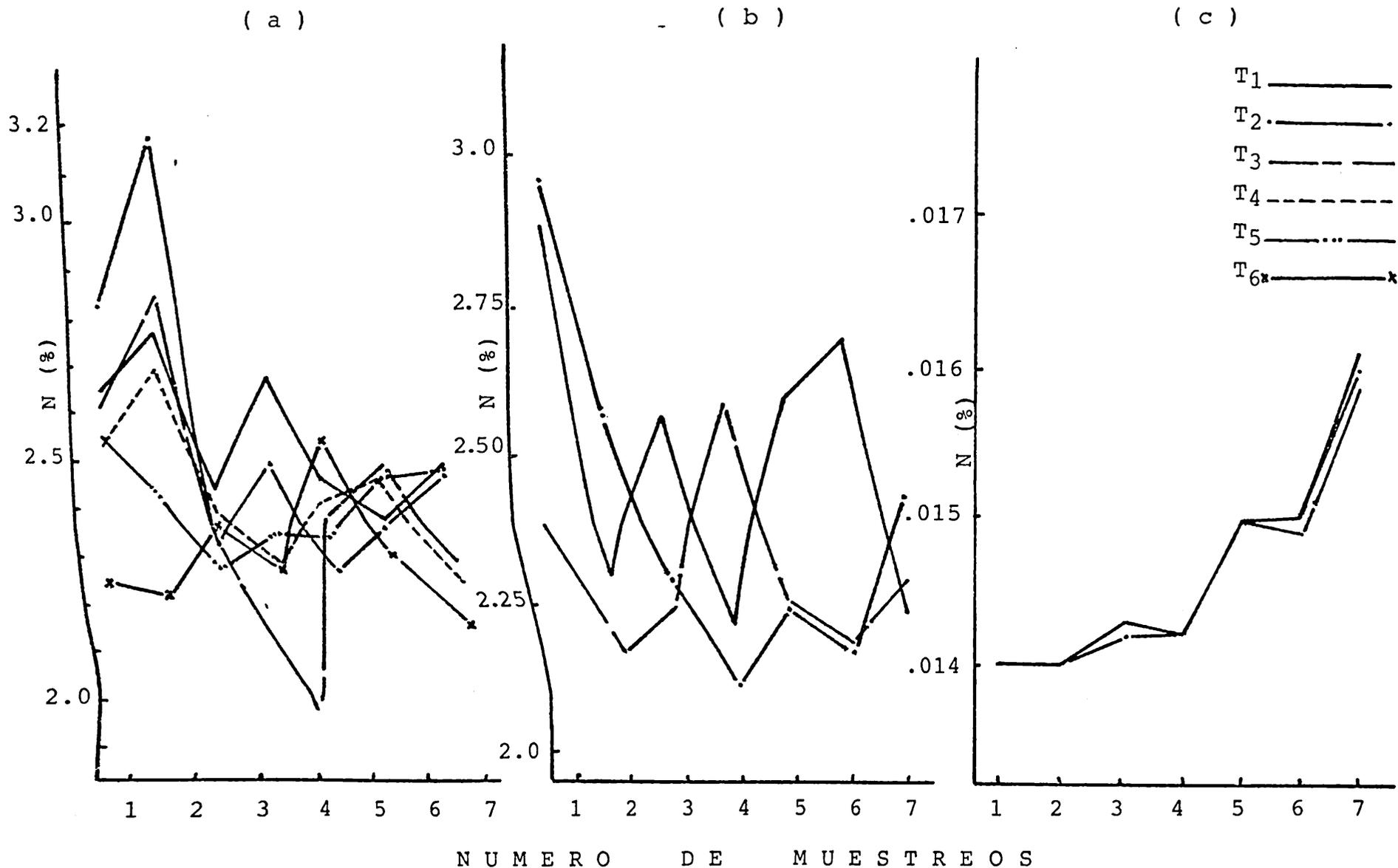


Figura 9. Variación en la concentración de nitrógeno de las muestras de tejidos foliar y de de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983.

deficiencia de zinc, ya que al igual que el fósforo y otros elementos nutritivos el nitrógeno aumenta la velocidad de crecimiento del tejido vegetal.

Para el fósforo en las figuras 10(a) y 10(b) para el total de tratamientos se puede determinar que las concentraciones de fósforo tuvieron un comportamiento muy semejante, el cual se caracteriza porque en todos los casos conforme el experimento avanzaba, la concentración de fósforo en el follaje fué disminuyendo, aunque en la figura 10(c) se pueda establecer que al igual que el nitrógeno a mayor tiempo transcurrido, mayor la concentración de fósforo en el suelo, lo que como ya se explicó anteriormente ambos pueden provocar una menor aprovechabilidad del zinc por los árboles de tal manera que se presenten las deficiencias.

De la comparación de las medias de tratamientos contra el rango intermedio de 0.11 a 0.16 ppm, que de fósforo requiere el nogal (cuadro 13A del apéndice), se establece que éstas se mantienen entre dicho rango, lo que origina que no exista diferencia significativa en el análisis de varianza (cuadro 11A del apéndice).

De la figura 11(a) se puede establecer de manera general que para el potasio todos los tratamientos presentan una tendencia a disminuir con el tiempo, comportamiento que se asemeja al presentado por el fósforo en la figura 10(a); en el caso de la figura 11(b), se encontró que la concentración de potasio en el

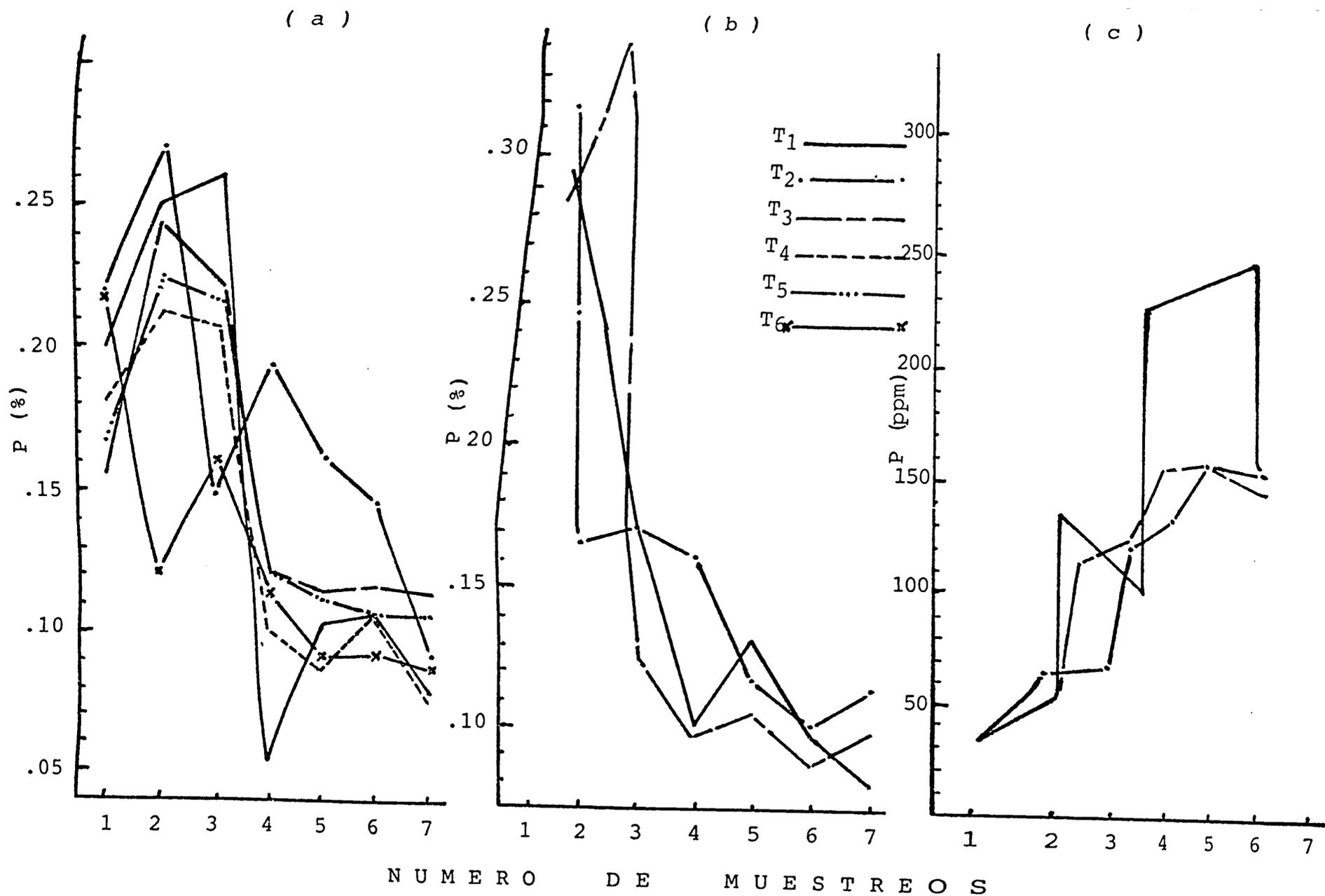


Figura 10. Variación en la concentración de fósforo de las muestras de tejido foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983.

follaje de los árboles de las macetas, tiende a disminuir para los tres tratamientos y a partir de la quinta fecha de muestreo esta concentración aumenta al transcurrir el tiempo. La explicación de la diferencia en el comportamiento y la tendencia de las curvas bajo el efecto de los tratamientos, puede deberse a que inicialmente el contenido de potasio en el suelo fué bajo, y el mencionado aumento se originó por el efecto de la aplicación de las soluciones nutritivas, y aunque existía una disponibilidad de potasio, este elemento no fué transportado del suelo hasta el árbol injertado, y en caso de que así hubiese ocurrido pudo utilizarse en la elaboración de sustancias para la fabricación del fruto o para alguna otra actividad dentro del árbol.

De la comparación de las medias de tratamientos contra el rango intermedio que para el potasio se establece en el cuadro 13A del apéndice, se determinó que estas medias se mantienen entre el rango de 1.0 a 1.5 ppm, lo que origina que no exista diferencia significativa al realizar el análisis de varianza, como se observa en el cuadro 11A del apéndice, para las concentraciones de potasio en el follaje de los árboles injertados.

Como ya se mencionó anteriormente el potasio fué el único elemento que presentó diferencia significativa en el análisis de varianza según se muestra en el cuadro 12A del apéndice. Además mediante la prueba de comparación de medias de Duncan se determina que entre las medias de tratamientos T_1 y T_3 no existe diferencia significativa, lo que si ocurre con respecto al tra

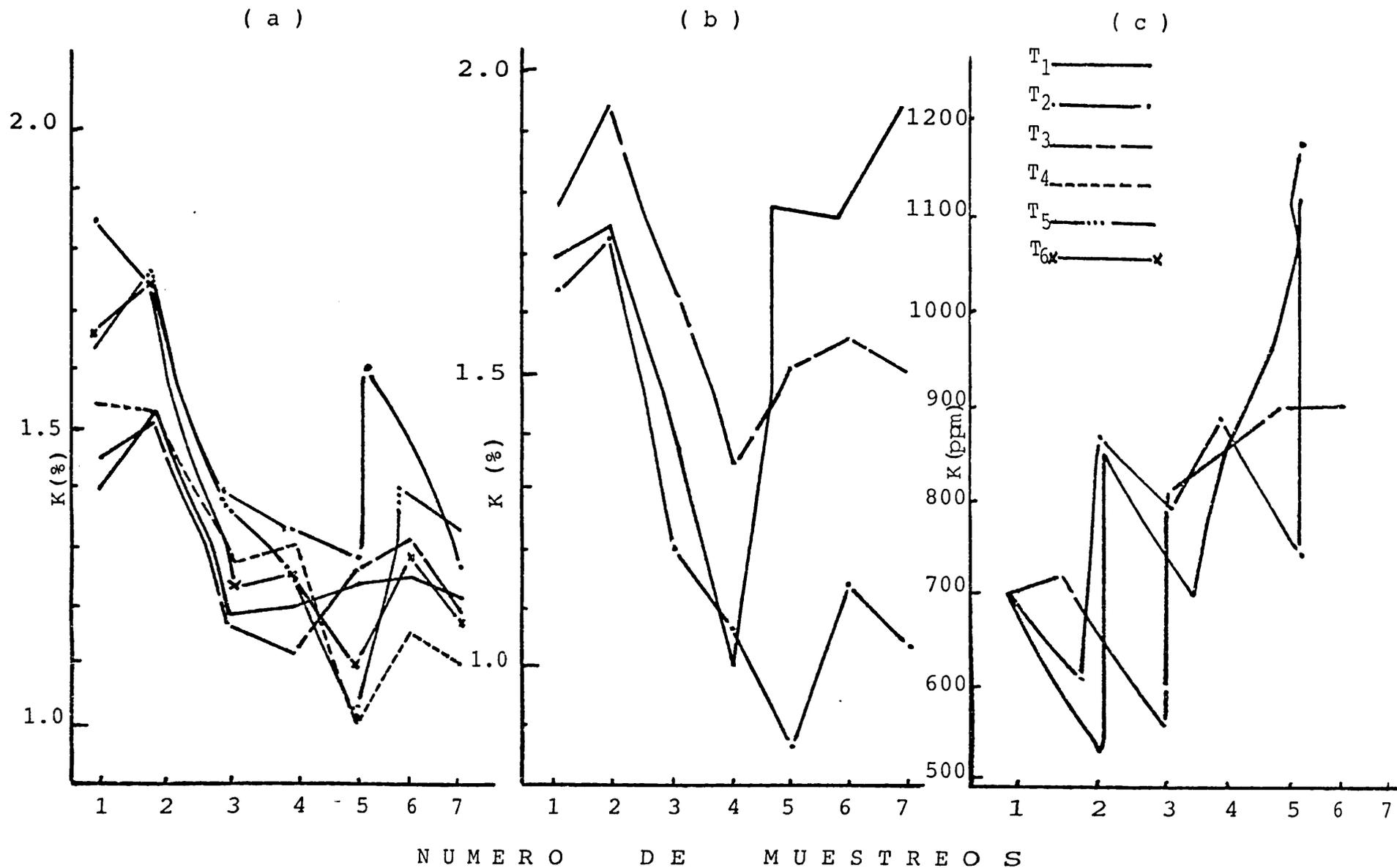


Figura 11. Variación en la concentración de potasio de las muestras de tejidos foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983.

tamiento T_2 , por lo que se consideran como más eficientes para suministrar el potasio los tratamientos T_1 y T_3 , corroborándose el comentario anterior con la comparación realizada entre las medias de los tratamientos con el rango intermedio de valores que para este elemento, se presenta en el cuadro 13A del apéndice, ya que se puede determinar que la media del tratamiento T_2 se mantiene por debajo del rango mencionado mientras que los tratamientos T_1 y T_3 se mantienen por encima de dicho rango.

De la figura 11(c), se establece que al igual que el nitrógeno y el fósforo, la concentración de potasio en el suelo para los tres tratamientos aumentó con el paso del tiempo, debido a que este elemento se aplicó en las soluciones nutritivas con su concentración constante o bien a que fué poco asimilado por los árboles.

De la figura 12(a) donde se encuentra el comportamiento del contenido de hierro, se puede establecer que aunque las curvas presentan un comportamiento variable hasta la quinta fecha del muestreo, la tendencia de la concentración del hierro es a disminuir conforme transcurre el tiempo, a partir de ese punto la concentración aumenta para volver a descender. Si no se tomase en cuenta los valores obtenidos en la sexta fecha de muestreo, todas las curvas presentarían la tendencia de disminuir sus concentraciones conforme el tiempo avanza. El comportamiento mencionado es lógico, tanto para hierro, zinc y manganeso, ya que las condiciones de tipo calcáreo que se presentan generalmente

(a)

(b)

(c)

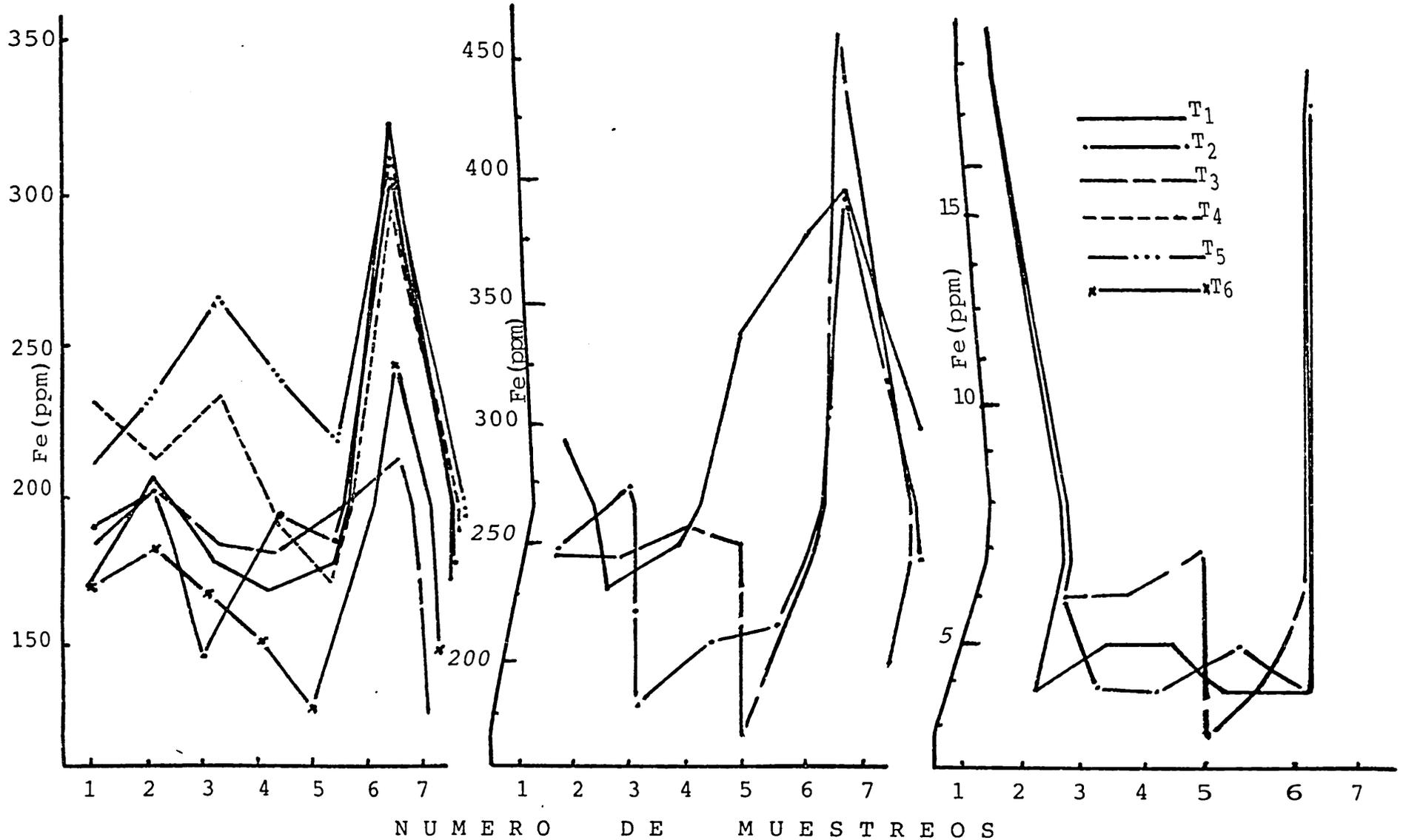


Figura 12. Variación en la concentración de hierro de las muestras de tejidos foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a), árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983.

en los terrenos áridos, contribuyen con condiciones favorables para la fijación de estos elementos, según lo establecen Lucas y Knezek (1983).

Para la figura 12(b), el hierro al igual que para lo establecido previamente en la figura 7(b) del manganeso, se puede resaltar que de los tres tratamientos con soluciones nutritivas el T_1 fué el único que durante la mayor parte del experimento, se mantuvo con la tendencia de aumentar la concentración de este elemento en el follaje del árbol de la maceta, mientras que los tratamientos T_2 y T_3 presentan un comportamiento semejante al descrito para ellos en la figura 12(a). Además del cuadro 8A del apéndice, se determina que las medias de tratamientos obtenidas tanto para el follaje del árbol injertado como para el del árbol de la maceta, se encuentran por encima del rango intermedio que el nogal tiene para el hierro, según se establece en el cuadro 13A del apéndice.

Las curvas de la figura 12(c) también presentan un comportamiento semejante a las curvas de las figuras 12(a) y 12(b), para sus respectivos tratamientos, solo que para este caso ninguna curva presenta disminución del contenido de hierro en el suelo después de la quinta fecha de muestreo.

De las figuras 13(a), 13(b) y 13(c), se puede establecer que a excepción del tratamiento T_2 en la figura 13(a), todas las demás curvas presentan una tendencia a disminuir conforme transcurre el tiempo hasta la cuarta fecha de muestreo, donde se

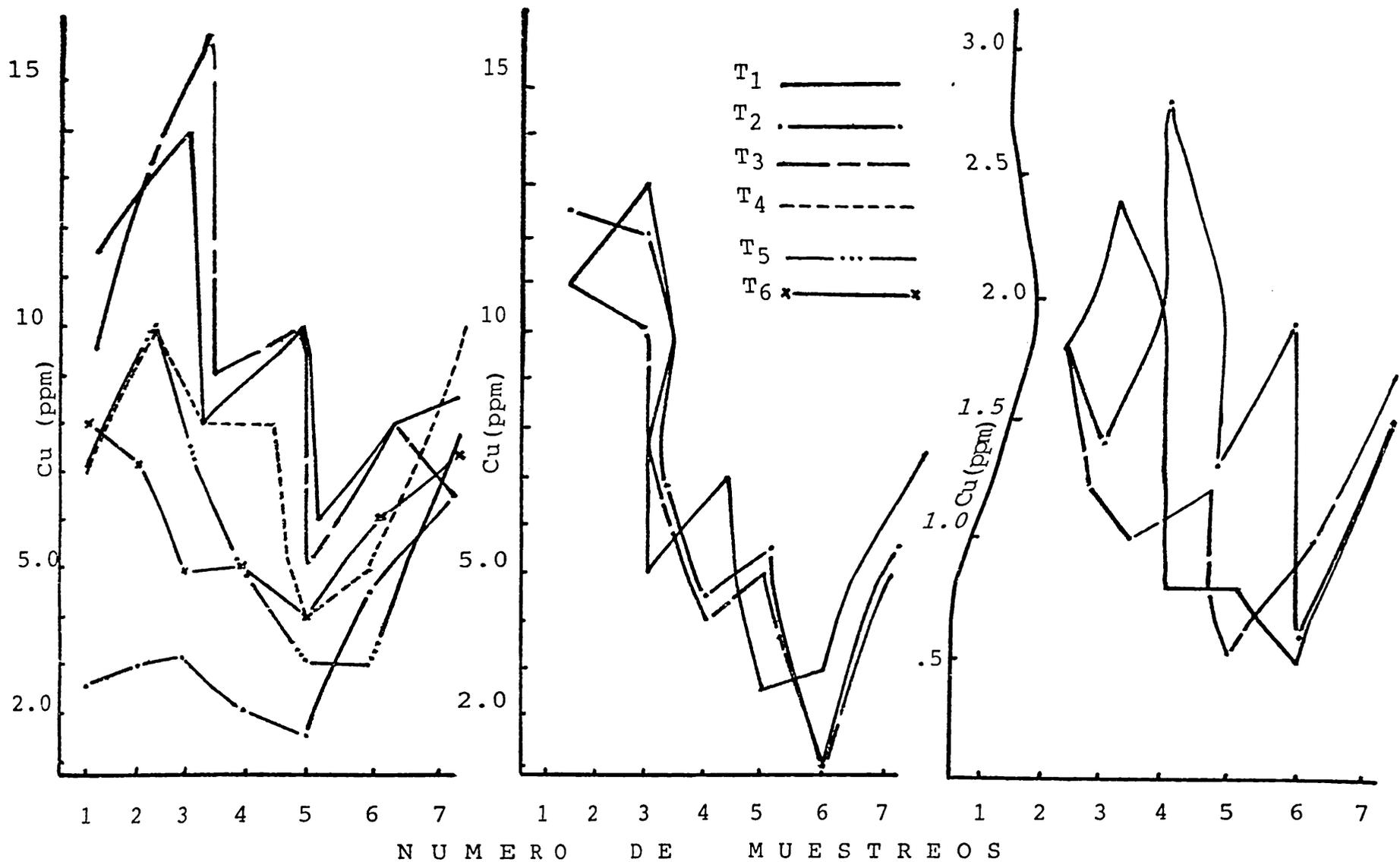


Figura 13. Variación en la concentración de cobre de las muestras de tejido foliar y de suelo obtenidas durante la aplicación de los tratamientos; árbol injertado (a) árbol de maceta (b) y suelo de maceta (c). 1983.

aprecia un reapunte de mayor concentración tanto en los follajes como en el suelo. Además se puede resaltar del cuadro 9A del apéndice, que las medias de tratamientos obtenidas tanto en el follaje del árbol injertado como el follaje del árbol de la maceta, se encuentran por debajo del rango intermedio que para el cobre se establece en el cuadro 13A del apéndice.

4.3. DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS

De manera general se puede establecer que para los elementos zinc, calcio, magnesio, manganeso y potasio, las metodologías empleadas en este trabajo provocan que las concentraciones de estos nutrientes dentro del follaje presentan variación, lo que origina que las pruebas F provoquen diferencia significativa al menos para el nivel de 5% de significancia. Además de las pruebas de rango múltiple de Duncan al realizar la comparación de las medias de tratamientos, se determinó que para estos elementos no siempre es el mismo tratamiento el que origina tal diferencia.

En el cuadro 9, se pueden apreciar las comparaciones entre los efectos de las medias de tratamientos, para zinc, calcio, magnesio, manganeso y potasio, de donde se pueden establecer los siguientes comentarios.

Para el zinc en el nivel 5%, los tratamientos más adecuados para proporcionar este elemento a los árboles son: la aspersión al follaje del sulfato de zinc (T₄) y la incorporación

del mismo producto al suelo (T_5). Aclarándose, que entre la incorporación al suelo y el uso del sistema radicular extraedáfico con el tratamiento (T_2), no se encontró diferencia al proporcionar este elemento a los árboles. También, se puede establecer que entre el sistema radicular extraedáfico con los tres tratamientos (T_1 , T_2 y T_3) y el tratamiento tradicional (T_6), tampoco existe diferencia significativa al suministrar el zinc, solo que, el efecto de los tratamientos T_1 , T_3 y T_6 , se caracteriza porque la concentración de este nutrimento se mantiene por debajo del rango intermedio de 66 - 202 ppm, que el cultivo de nogal requiere de zinc (cuadro 13A del apéndice). Mientras que, para este mismo elemento, en el nivel de diferencia altamente significativa (1%), los tratamientos presentan su comportamiento como el descrito anteriormente, excepto que el testigo (T_6), provoca el mismo efecto que los tratamientos T_2 (sistema radicular) y T_5 (incorporación de zinc al suelo).

Para el calcio, según el cuadro 9, solamente en el nivel de diferencia significativa (5%) el tratamiento T_2 , con el sistema radicular extraedáfico, provocó que su efecto de tratamiento fuese el más efectivo para proporcionar este elemento a los árboles, ya que la concentración del calcio en los nogales se encontró por encima del rango intermedio, según el cuadro 13A del apéndice, lo mismo sucede con el uso de los tratamientos T_3 , T_4 , T_5 y T_6 . Mientras que el T_1 , fué el único que provocó que la concentración de este elemento se mantuviese dentro del rango mencionado, aunque sin mostrar diferencia entre su efecto y el de los tratamientos T_3 , T_4 , T_5 y T_6 . Por otro lado, en

Cuadro 9. Comparación de las medias de tratamientos para los elementos que presentaron diferencia significativa en las pruebas F. 1983.

Zinc	$\bar{T}_{1a}, \bar{T}_{2ab}, \bar{T}_{3a}, \bar{T}_{4c}, \bar{T}_{5bc}, \bar{T}_{6a}$	(5%)
	$\bar{T}_{1a'}, \bar{T}_{2ab'}, \bar{T}_{3a'}, \bar{T}_{4c'}, \bar{T}_{5b'c'}, \bar{T}_{6a'b'}$	(1%)
Calcio	$\bar{T}_{1a}, \bar{T}_{2b}, \bar{T}_{3a}, \bar{T}_{4a}, \bar{T}_{5a}, \bar{T}_{6a}$	(5%)
	$\bar{T}_{1a'}, \bar{T}_{2a'}, \bar{T}_{3a'}, \bar{T}_{4a'}, \bar{T}_{5a'}, \bar{T}_{6a'}$	(1%)
Magnesio	$\bar{T}_{1a}, \bar{T}_{2a}, \bar{T}_{3ab}, \bar{T}_{4b}, \bar{T}_{5b}, \bar{T}_{6ab}$	(5%)
	$\bar{T}_{1b}, \bar{T}_{2a}, \bar{T}_{3a}, \bar{T}_{4c}, \bar{T}_{5c}, \bar{T}_{6a}$	(5%)
Manganeso	$\bar{T}_{1b'c'}, \bar{T}_{2a'}, \bar{T}_{3a'}, \bar{T}_{4c'd'}, \bar{T}_{5d'}, \bar{T}_{6ab'}$	(1%)
	$\bar{T}_{1b}, \bar{T}_{2a}, \bar{T}_{3b}$	(5%)
Potasio	$\bar{T}_{1b}, \bar{T}_{2a}, \bar{T}_{3b}$	(5%)

$\bar{T}_{1a} \dots \bar{T}_{6d}$

Medias de tratamientos

1 a 6 número de tratamiento

a,b,c,d indican la igualdad entre las medias de tratamiento

(5%)

Diferencia significativa para el nivel 5%

(1%)

Diferencia altamente significativa para el nivel 1%

el nivel altamente significativo, no se encontró diferencia en tre el uso de cualesquier tratamiento, para proporcionar el cal cio a los nogales.

Para el magnesio, cuyas medias de tratamientos solamente provocaron diferencia significativa, se puede establecer que los tratamientos más adecuados para proporcionarlo a los árboles, fueron la aspersión al follaje (T_4), la incorporación al suelo (T_5), el tratamiento tradicional (T_6) y el sistema radicular extraedáfico (T_3), estos dos últimos (T_6 y T_3), y los res tantes con el sistema radicular extraedáfico (T_1 y T_2), no mues tran diferencia al utilizar cualesquier tratamiento, por lo que serían menos adecuados para suministrar este nutrimento; lo es crito anteriormente no tiene mucha importancia práctica, ya que todos los tratamientos se caracterizan porque sus medias de tra tamientos se mantienen dentro del rango intermedio que este ele mento tiene en el cultivo de nogal (cuadro 13A del apéndice).

Para el manganeso, los tratamientos más adecuados para su ministrar este elemento a los nogales, sería la aspersión al fo llaje de sulfato de zinc (T_4) y la incorporación al suelo (T_5) del mismo producto, tanto en el nivel de diferencia significativa como altamente significativa, sobresaliendo porque son los únicos cuyo efecto de medias de tratamientos, provocan que la concentración de este elemento se mantenga dentro del rango in ter medio que el nogal requiere de este nutrimento (cuadro 13A del apéndice). Mientras que el resto de tratamientos, aunque su efecto pueda provocar diferencia significativa entre ellos

no satisfacen los requerimientos de manganeso en el nogal.

Para el potasio, que como ya se mencionó, fué el único elemento que provocó diferencia significativa en el análisis de varianza para las concentraciones de este elemento en los árboles de las macetas; se puede establecer que los tratamientos que más adecuadamente lo proporcionan son el T₁ y T₃, aunque su efecto resulta no ser de importancia práctica, ya que las medias de estos tratamientos se encuentran por encima del rango intermedio de potasio en el nogal (cuadro 13A del apéndice), lo que no sucede con el T₂, pues su concentración se mantiene dentro del rango mencionado.

V. CONCLUSIONES

De los análisis de los resultados obtenidos, durante el desarrollo de este trabajo y de la discusión e interpretación que de ellos se hace, se pueden generar las siguientes conclusiones.

1. Por los resultados obtenidos de diferencia significativa en las concentraciones de zinc, calcio, manganeso, magnesio y potasio, es posible considerar que las raíces adventicias obtenidas por injerto son funcionales y suficientes para satisfacer las necesidades de estos elementos en el cultivo del nogal.

2. La concentración de zinc en las soluciones nutritivas, aplicadas a medios con baja CIC, M.O. y carbonatos de calcio, que resultó ser más adecuada para suministrar este nutrimento al nogal, fué de 0.262 ppm; valores más bajos o más altos no satisfacen los requerimientos del nogal. Lo anterior, puede ser debido a que las concentraciones de 0.131 y 0.393 ppm de zinc, en las soluciones nutritivas redujeron su disponibilidad para los nogales, bajo el efecto de las características físico-químicas que presentó la arena (aunque se consideró como material inerte) o por la acción antagónica que elementos como manganeso, hierro, cobre y fósforo presentan con el zinc por sus propiedades químicas.

Además de las conclusiones anteriormente escritas, se pue

den establecer los siguientes comentarios, que se determinaron al realizar el presente trabajo.

1. DE LOS INJERTOS REALIZADOS

Por las concentraciones de los elementos que presentaron diferencia significativa, zinc, calcio, magnesio y manganeso, es posible considerar que la metodología de injerto por aproximación, es potencialmente activa para que exista el traslado de los elementos nutritivos de la solución del suelo hasta el follaje del árbol injertado, pasando a través de los árboles que se plantaron en las macetas.

Además, es muy recomendable que a nivel básico se fomenta ran aún mas las investigaciones relacionadas con el uso del sistema radicular extraedáfico, con el propósito de dar más luz acerca de la compleja problemática que se presenta en un suelo, para que un cultivo extraiga los diversos elementos nutricionales requeridos para su completo desarrollo, además si factible mente se cuenta con una vía de ingreso a la planta controlada, existiría también la posibilidad de que por este medio, el cultivo en cuestión recibiese materiales como fitoreguladores de crecimiento, plaguicidas sistémicos y otros factores que afectan al crecimiento y desarrollo de los cultivos.

2. DEL CONTENIDO DE NUTRIENTES

De la comparación de las medias de tratamientos contra los

rangos respectivos para el nogal se puede establecer que:

Para nitrógeno, fósforo, potasio y magnesio, cualquier tratamiento empleado satisface las necesidades nutricionales que el nogal requiere de estos elementos, aclarándose que alguno de ellos pudiese ser aún más efectivo que los otros, ya que a pesar de no presentar diferencias significativas entre los efectos de sus medias de tratamientos en los tres primeros elementos; para el caso particular del magnesio uno de los tratamientos que provocaron la diferencia significativo es el T₃, donde se utilizó el sistema radicular extraedáfico, con lo cual se puede volver a resaltar su capacidad para absorber los elementos nutritivos.

El cobre y el hierro se caracterizan porque ningún tratamiento provoca que sus efectos medios se encuentren dentro de su rango respectivo, y además porque no existe diferencia significativa entre los tratamientos para ambos casos, y se diferencian porque mientras para el cobre las medias de tratamientos se mantienen por debajo de su rango, las del hierro lo hacen por encima del suyo.

Por último el zinc, el calcio y el magnesio presentan medias de tratamientos que se localizan por debajo, entre y por encima de su rango respectivo, lo que provocó que en el análisis de varianza se determinase una diferencia altamente significativa para estos elementos.

El hecho de que se encuentre diferencia significativa para calcio, magnesio y manganeso los cuales no fueron variables al aplicarse en las soluciones nutritivas como riego, sugiere que la absorción de zinc o la corrección de su deficiencia interactúa con la asimilación de otros elementos.

3. DEL EFECTO DE TRATAMIENTOS

Del comportamiento presentado por los tratamientos en la prueba de separación de medias se puede establecer de manera general, que el sistema radicular extraedáfico tiene grandes posibilidades para considerarse como alternativa viable y ser utilizada como medio para proporcionar elementos nutritivos a los árboles. Además, por los resultados de significancia obtenidos se determina que el sistema radicular extraedáfico pudiese aumentar aún más su eficiencia, si se modificase el medio donde se aplicaron las soluciones nutritivas, por lo que se recomienda que en futuros trabajos deberán contemplarse otros medios inertes como la perlita y la vermiculita, o bien que a la arena se le reduzcan completamente sus propiedades químicas como se realiza para los cultivos hidropónicos, al tratar previamente la arena con ácido sulfúrico y aplicarle lavados posteriores con agua destilada. También, se sugiere modificar la solución nutritiva empleada, ya que dentro de las que se utilizaron pudo existir antagonismos iónicos de tal manera que se disminuya la aprovechabilidad de algún elemento como pudo suceder con el fósforo, hierro y manganeso.

De la comparación con los otros tratamientos se concluye, que para los elementos que mostraron diferencia significativa, el uso del sistema radicular extraedáfico provoca un efecto mayor, o al menos igual que los tratamientos de aspersión foliar, aplicación al suelo y manejo tradicional, donde sobresale el tratamiento T₂.

VI. RESUMEN

En los meses de febrero a agosto de 1983, se estableció en las huertas de nogal de riego por goteo y colección de variedades del Campo Agrícola Experimental de la Laguna, un experimento cuyo objetivo principal era encontrar una alternativa para proporcionar zinc al nogal, para lo cual se compararon cuatro metodologías que consistían en el uso de un sistema radicular extraedáfico, la aspersión foliar, la incorporación al suelo y el manejo tradicional que de fertilización tiene este frutal en la Comarca Lagunera.

Para la realización de este experimento, en febrero se plantaron nueve nogales de dos años de injertados (5 Western y 4 Wichita) en macetas de 40 litros previamente llenas con arena de desierto como material inerte; éstos árboles se injertaron por aproximación en mayo con árboles en producción de 3 a 5 años previamente seleccionados, ya que presentaban síntomas visuales de deficiencia de zinc (amarillamiento, entrenudos cortos y hojas arrosetadas).

Las macetas se regaron cada tercer día a partir del 21 de julio hasta el 20 de agosto con soluciones nutritivas, cuyas concentraciones de N, P, K, Ca, Mg, S, se mantuvieron constantes mientras que el zinc tuvo tres niveles (0.131, 0.262 y 0.393 ppm); estos tratamientos se complementaron con la aspersión foliar y la incorporación al suelo de sulfato de zinc (1.25 kg/1000 lt de agua, a saturación y 10 kg/árbol, reparti-

dos en cuatro pozos de 30 cm de diámetro y 30 cm de profundidad en una circunferencia de 1.20 m de diámetro, respectivamente) y el manejo tradicional (300 g de N/cm de ϕ del tronco, 50% en marzo y 50% en mayo y tres aspersiones de 2 lt de NZN/1000 lt de agua; brotación 18 de abril y 20 de mayo), lo que dió origen a seis tratamientos, cada uno con tres repeticiones, resultando 18 tratamientos en total que fueron colocados en un diseño completamente al azar.

. Se encontró que la metodología de injerto por aproximación resultó ser potencialmente efectiva ya que el efecto provocado por el uso del sistema radicular extraedáfico para zinc, calcio, manganeso y magnesio, provoca un efecto mayor o al menos igual que los tratamientos de aspersión foliar, incorporación al suelo y manejo tradicional para el nogal, donde sobresale el tratamiento T₂.

Para el zinc se encontró que no existe diferencia al proporcionar este elemento utilizando el sistema radicular extraedáfico, el tratamiento T₂ (0.262 ppm de zinc), la aspersión foliar y la incorporación al suelo de sulfato zinc, en el caso particular del calcio; el mismo tratamiento T₂ fué la fuente más efectiva para proporcionar este elemento, mientras que para el manganeso no existe diferencia para proporcionarlo si se utiliza el tratamiento T₁ (0.131 ppm de zinc), el tratamiento T₂ (0.262 ppm de zinc) y la metodología tradicional de manejo para el nogal, en cambio para el magnesio aunque sobresalen también el manejo tradicional del nogal, la aspersión y la incor-

poración al suelo producen un efecto igual que el tratamiento T₃ (0.393 ppm de zinc).

En el caso de nitrógeno, fósforo, potasio, cobre y hierro, ninguno de los tratamientos utilizados generó alguna respuesta que indicara diferencia en cuanto al uso de ellos, aunque, se determinó por los niveles encontrados de cobre que el cultivo del nogal también pudiese tener deficiencia de este elemento bajo las condiciones de suelo de la Comarca Lagunera, mientras que el hierro estaría en excesiva disponibilidad.

VII. LITERATURA REVISADA

1. Campo Agrícola Experimental de "La Laguna". 1980. Guía Técnica del Nogalero. CIAN. INIA. SARH. 132. p.
2. Campo Agrícola Experimental de "La Laguna". 1983. Resumen del Marco de Referencia, Grupo Interdisciplinario de Fruticultura. CIAN. INIA. SARH. (Mimeografiado).
3. Chapman, H.D. y P.F. Pratt. 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters. University of California, Division of Agricultural Sciences. 309 p.
4. Chapman H.D. 1973. Diagnostic criteria for plants and soils analysis. Editado por H.D. Chapman. Riverside Cal. 2a impresión. 793 p.
5. Devlin, R.M. 1980. Fisiología vegetal. Ediciones Omega, S. A. Barcelona, España. p. 275.
6. Domínguez V.A. 1978. Abonos minerales. 5a. ed. Ministerio de Agricultura. Madrid, España. 421 p.
7. Fitts, J.W. y J.J. Hanway. 1971. Prescribing soil and crop nutriente needs. En: Fertilizer Technology and Use. Chapter 3:57-79. 2nd. ed. Soil Sci. Soc. of America. Madison, Wisconsin.

8. Godoy, C. y M. del C. Medina. 1982. Establecimiento de una huerta de nogal bajo el sistema de riego por goteo. Informe de Investigación aspecto planta 1980, 1981, 1982. Campo Agrícola Experimental de "La Laguna". CIAN. INIA. SARH. (Mimeografiado).
9. Jaynes, R.A. 1979. Nut tree culture. En: North America. Northern Nut Growers Association. Inc. 466 p.
10. Jackson, M.L. 1974. Métodos de análisis químicos de suelos. 2a. ed. Editorial Omega, S.A. Barcelona España. p.662
11. Jones J.B. 1983. Análisis de los tejidos de las plantas para micronutrientes. En: Micronutrientes en Agricultura. Trad. de la 3a. ed. en inglés por Cristina Vaqueri Garibay. México, D.F. A.G.T. Editor, S.A. p. 340-378.
12. Kalbasi, M., G.J. Racz. L.A. Lewen y Rudgers. 1978. Reaction products and solubility of applied zinc compounds in some Monitoba soils. J. Soil Sci. Vol. 125 (1):55-64.
13. Keefer, R.F. y R. Estepp. 1971. The fate of Zinc-65 applied to two soils as zinc sulfates and Zinc EDTA. Soil Sci. 112: 325-329.
14. Kubota, J. y W.H. Allaway. 1983. Distribución geográfica de los elementos traza. En: Micronutrientes en Agricul-

tura. Trad. de la 3a. ed. en inglés por Cristina Vaqueiro Garibay. México, D.F. A.G.T. Editor S.A. p. 579-612.

15. Lucas, R.E. y B.D. Knezek. 1983. Condiciones climáticas y del suelo que promueven la deficiencia de micronutrientes en plantas. En: Micronutrientes en Agricultura. Trad. de la 3a. ed. en inglés por Cristina Vaqueiro Garibay. México, D.F. A.G.T. Editor, S.A. p. 291-315.
16. Medina, M. del C. y A.L. Murrieta. 1982. Introducción de cultivares y tipos nativos de nogal pecanero de "La Comarca Lagunera". Informe de investigación del Grupo Interdisciplinario de Fruticultura. Campo Agrícola Experimental de "La Laguna". CIAN. INIA. SARH.
17. México, Secretaría de Agricultura y Ganadería 1975. Introducción al cultivo del nogal pecanero. Comisión Nacional de Fruticultura Serie de Divulgación. 126. p. (Folleto número 18).
18. Murphy, L.S. y L.M. Walsh. 1983. Corrección de deficiencias o fertilizantes. En: Micronutrientes en Agricultura. Trad. de la 3a. ed. en inglés por Cristina Vaqueiro Garibay. México, D.F. A.G.T. Editor S.A. p. 379-424.
19. Navrot, A. Singer y A. Banin. 1978. Adsorption of cadmium

an its exchange characteristics in some Israeli Soils. J. Soil Sci 29:505 - 511.

20. Nijensohn, L. 1977. Absorción radical extraedáfica "Un nuevo enfoque de la fertilización y su aplicabilidad al riego por goteo". En: II Seminario Latinoamericano Sobre Riego por Goteo. Estados de Coahuila, Durango y Aguascalientes, México. INIA, SARH, IICA, OEA. p. 1 - 11.
21. Olsen, S.R. 1983. Interacciones de los micronutrientes. En: Micronutrientes en Agricultura. Trad. de la 3a. ed. en inglés por Cristina Vaqueiro Garibay, México, D.F. A.G.T. Editor S.A. p. 267 - 290.
22. Perkin Elmer. 1982. Analytical methods manual. Analytical methods for atomic absorption spectrophotometry. Editado por Perkin - Elmer Corporation. Norwalk Connecticut U.S.A. 324 p.
23. Saeed, M. y R.L. Fox. 1977. Relations between suspension pH and zinc solubility in acid and calcareous Soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 124 (4): 199 - 204.
24. Salardini, A.A. y L.S. Murphy. 1976. Effects of iron applications on DTPA - extractable soil micronutrients. J. Soil Sci. 124 (4): 219 - 225.

25. Singh B. y G.S. Sekhon. 1977. The effect of soil properties on adsorption and desorption of zinc by alkaline soils. Soil Sci. 124 (6): 366 - 369.
26. Smith, P.F. 1967. Effect of soil placement, rate and source of applied zinc on the concentration of zinc in Valencia orange leaves. Soil Sci: 103: 209 - 212.
27. Smith, M. W. 1981. Pecan leaf sampling and analysis. En: Texas Pecan Orchard Management Handbook. Texas A & M University. P. 65 - 66.
- 28.- Smith, M.W. y J.B. Storey. 1976. The influence of washing procedures on surface removal and leaching of certain element from pecan leaflets. Hort. Science. 2 (1): 50 - 52.
29. Storey, J.B. 1975. El zinc en los nogales. En: Memorias del IV Ciclo de Conferencias Internacionales de los productores de la nuez de la República Mexicana en Hermosillo, Sonora. p. 55 - 61.
30. _____ . 1981. Zinc nutrition. En: Texas Pecan Orchard Management Handbook. Texas A & M. University. p. 61 - 64.
31. Thorne, D.W. 1957. Zinc deficiency and its control. Advan. Agron., 9: 31 - 65.

32. Tisdale, S. L. y W.L. Nelson. 1970. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. Montaner y Simon, S.A. España. 760 p.
- 33.- Trehan, S.P. y G.S. Sekhon. 1977. Effect of clay organic matter and CaCO_3 on Zn-adsorption by soils. Plant Soil. 46: 329-336.
34. U.S. Salinity Laboratory Staff. 1977. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. U.S. Dept. Agr. Handbook 60. 160 p.
35. Walsh, L.M. y J.D. Beaton. 1973. Soil testing and plant analysis. Soil Sci. Soc. Amer. Madison, Wisconsin, U.S.A. 491 p.
36. Weier, T.E., C.R. Stocking y M.G. Barbour. 1980. Botánica. Editorial Limusa. México, D. F. p. 211.
37. Worley, R. A., S.A. Harmon y R.C. Carter. 1972. Effect of zinc sources and methods of application of pecan "Carya illinoensis". Roch. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97 (3):364-369.

VIII. A P E N D I C E

Cuadro 1A. Concentración (en ppm) de zinc determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos en 1983.

	N U M E R O D E M U E S T R E O							\bar{X}	S	C.V. %
	1	2	3	4	5	6	7			
ARBOL INJERTADO										
T ₁	39.5	37.5	26	27.5	21.5	21.0	23.0	26.08	5.61	21.5
T ₂	84	73	174	37.5	38.5	62.0	90.5	79.25	46.27	53.38
T ₃	64	43.5	54.5	34.0	31.0	21.0	41.0	37.5	10.52	28.05
T ₄	42	188.0	160.0	153.0	206.0	353.0	76.0	189.33	83.75	44.23
T ₅	87	135.0	42	154	154	156	239	144.66	57.46	39.18
T ₆	76	76	79	61	49	74	40	63.16	14.57	23.07
ARBOL MACETA										
T ₁	67.5	51	38	51.5	30.5	33.5	37.0	40.25	8.15	20.24
T ₂	81	69.5	45.5	53.5	33	39.5	25.0	44.33	14.40	32.48
T ₃	68.5	46.5	42.5	42.0	43.5	32.0	32.0	39.75	5.66	14.24

Cuadro 2A. Concentración (en%) de calcio determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos en 1983.

ARBOL INJERTADO	N U M E R O D E M U E S T R E O							\bar{X}	S	C.V. %
	1	2	3	4	5	6	7			
T ₁	1.62	1.485	1.185	1.29	1.235	1.565	1.665	1.404	0.178	12.68
T ₂	1.015	1.355	1.925	1.80	2.255	2.51	2.325	2.028	0.3846	18.96
T ₃	0.965	1.58	1.48	1.455	2.02	1.74	1.935	1.70	0.219	12.86
T ₄	1.77	1.53	1.63	1.45	1.54	1.74	1.76	1.608	0.113	7.03
T ₅	1.72	1.66	1.64	1.43	1.38	1.74	1.66	1.585	0.132	8.32
T ₆	1.80	1.72	1.35	1.32	1.48	1.78	1.71	1.56	0.184	11.83
ARBOL MACETA										
T ₁	1.20	1.345	1.775	1.62	1.895	2.08	1.92	1.775	0.237	13.36
T ₂	0.375	1.53	1.36	1.46	2.235	2.575	2.595	1.959	0.524	26.78
T ₃	0.99	1.785	1.575	1.985	1.625	2.63	1.82	1.903	0.351	18.46

Cuadro 3A. Concentración (en ppm) de manganeso determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos en 1983.

	N U M E R O D E M U E S T R E O							\bar{X}	S	C.V. %
	1	2	3	4	5	6	7			
ARBOL INJERTADO										
T ₁	132	137.5	105	107	143.5	121.5	134.5	124.83	14.86	11.90
T ₂	72.5	84.5	76.5	96	127.5	105.5	50.5	90.01	23.99	26.64
T ₃	98	87	64	69	94	65	78	76.16	11.27	14.80
T ₄	164	191	153	117	152	161	154	154.66	21.56	13.94
T ₅	187	181	171	149	156	170	148	162.5	12.28	7.56
T ₆	90	91	84	84	114	101	100	95.66	10.62	11.10
ARBOL MACETA										
T ₁	93	109.5	121	132.5	125	129.5	128	124.25	7.51	6.04
T ₂	84	222	80	94	136.5	129	113.5	129.16	45.77	35.43
T ₃	108	84	74.5	105	112.5	122	98.5	99.42	16.18	16.28

Cuadro 4A. Concentración (en%) de magnesio determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos en 1983.

	N U M E R O D E M U E S T R E O							\bar{X}	S	C.V.%
	1	2	3	4	5	6	7			
ARBOL INJERTADO										
T ₁	0.285	0.305	0.235	0.21	0.185	0.21	0.205	0.225	0.038	17.16
T ₂	1.07	0.32	0.215	0.20	0.165	0.235	0.23	0.227	0.047	20.80
T ₃	0.905	0.33	0.225	0.20	0.26	0.23	0.23	0.246	0.041	16.87
T ₄	0.33	0.36	0.29	0.26	0.25	0.29	0.28	0.288	0.035	12.26
T ₅	0.90	0.38	0.30	0.27	0.23	0.31	0.27	0.293	0.046	15.84
T ₆	0.34	0.36	0.27	0.25	0.26	0.26	0.24	0.273	0.039	14.60
ARBOL MACETA										
T ₁	0.395	0.415	0.40	0.46	0.36	0.44	0.32	0.399	0.047	11.85
T ₂	1.635	0.405	0.32	0.29	0.345	0.435	0.36	0.359	0.049	13.63
T ₃	0.935	0.445	0.315	0.370	0.285	0.455	0.33	0.366	0.064	17.50

Cuadro 5A. Concentración(en %) de nitrógeno determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos. 1983.

	N U M E R O D E M U E S T R E O							\bar{X}	S	C.V.%
	1	2	3	4	5	6	7			
ARBOL INJERTADO										
T ₁	2.65	2.77	2.455	2.685	2.47	2.285	2.51	2.54	0.134	5.28
T ₂	2.83	3.18	2.33	2.51	2.28	2.36	2.47	2.52	0.302	11.97
T ₃	2.62	2.86	2.33	1.98	2.37	2.50	2.29	2.39	0.263	11.01
T ₄	2.54	2.69	2.40	2.29	2.42	2.46	2.27	2.42	0.138	5.70
T ₅	2.56	2.43	2.28	2.35	2.34	2.46	2.49	2.39	0.073	3.08
T ₆	2.24	2.25	2.37	2.28	2.54	2.31	2.16	2.318	0.117	5.07
ARBOL DE MACETA										
T ₁	2.88	2.30	2.57	2.21	2.60	2.70	2.29	2.44	0.185	7.56
T ₂	2.96	2.60	2.29	2.12	2.25	2.17	2.44	2.31	0.164	7.09
T ₃	2.38	2.17	2.24	2.60	2.26	2.19	2.24	2.28	0.143	6.27

Cuadro 6A. Concentración (en %) de fósforo determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos en 1983.

	N U M E R O D E M U E S T R E O							\bar{X}	S	C.V.%
	1	2	3	4	5	6	7			
ARBOL INJERTADO										
T ₁	0.205	0.250	0.262	0.055	0.102	0.107	0.085	0.144	0.181	56.9
T ₂	0.222	0.270	0.150	0.197	0.162	0.147	0.092	0.170	0.054	31.97
T ₃	0.155	0.245	0.222	0.125	0.115	0.117	0.115	0.156	0.054	32.25
T ₄	0.182	0.215	0.208	0.102	0.088	0.107	0.076	0.132	0.056	42.73
T ₅	0.168	0.227	0.218	0.125	0.113	0.107	0.107	0.150	0.052	34.80
T ₆	0.217	0.122	0.162	0.113	0.092	0.093	0.087	0.112	0.026	23.11
ARBOL MACETA										
T ₁	0.295	0.242	0.155	0.100	0.132	0.097	0.080	0.134	0.054	40.44
T ₂	0.317	0.165	0.170	0.160	0.117	0.100	0.115	0.138	0.027	20.14
T ₃	0.285	0.340	0.125	0.095	0.105	0.087	0.098	0.142	0.089	63.08

Cuadro 7A. Concentración (en %) de potasio determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos en 1983.

ARBOL INJERTADO	NUMERO DE MUESTREO							\bar{X}	S	C.V.%
	1	2	3	4	5	6	7			
T ₁	1.4	1.52	1.185	1.195	1.235	1.25	1.21	1.266	0.116	9.15
T ₂	1.845	1.735	1.395	1.325	1.28	1.615	1.26	1.435	0.178	12.42
T ₃	1.45	1.51	1.175	1.125	1.25	1.31	1.185	1.259	0.126	10.05
T ₄	1.54	1.53	1.27	1.30	1.04	1.16	1.10	1.23	0.160	13.04
T ₅	1.63	1.76	1.37	1.26	1.09	1.40	1.33	1.368	0.202	14.77
T ₆	1.66	1.74	1.23	1.25	1.10	1.29	1.17	1.296	0.207	16.0
ARBOL MACETA										
T ₁	1.695	1.75	1.395	1.055	1.785	1.76	1.94	1.614	0.299	18.52
T ₂	1.635	1.73	1.205	1.07	0.87	1.145	1.045	1.177	0.268	22.76
T ₃	1.775	1.94	1.655	1.35	1.52	1.56	1.51	1.59	0.181	11.39

Cuadro 8A. Concentración (en ppm) de hierro determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos en 1983.

	N U M E R O D E M U E S T R E O							\bar{X}	S	C.V.%
	1	2	3	4	5	6	7			
ARBOL INJERTADO										
T ₁	172	208.5	178.5	168	179	326.5	171.5	205.33	55.74	27.14
T ₂	190	200	146.5	194	183.5	317.5	178	203.25	53.84	26.50
T ₃	184	201.5	185	179.5	194.5	213.5	127	183.5	27.55	15.01
T ₄	232	212	233	189	170	298	187	214.8	42.24	19.66
T ₅	212	235	266	240	218	320	188	244.5	41.16	16.83
T ₆	171	183	166	151	129	244	148	170.16	36.94	21.71
ARBOL MACETA										
T ₁	295	230	251.5	339	369	403.5	297.5	315.08	61.76	19.60
T ₂	247	277	182.5	210.5	217.5	398.5	245	255.16	70.50	27.63
T ₃	245	244	252	251.5	170	465	201	263.92	94.78	35.91

Cuadro 9A. Concentración (en ppm) de cobre determinado en los folíolos de los nogales (árbol injertado y árbol de maceta), en siete fechas de muestreo bajo el efecto de los tratamientos en 1983.

	N U M E R O D E M U E S T R E O							\bar{X}	S	C.V.%
	1	2	3	4	5	6	7			
ARBOL INJERTADO										
T ₁	11.5	14.0	8.0	10.0	6.0	8.0	8.5	7.58	3.83	50.56
T ₂	2.5	3.0	3.0	2.0	1.5	4.5	6.5	3.42	1.67	48.84
T ₃	9.5	16.0	9.0	10.0	5.0	8.0	6.5	9.08	3.49	38.45
T ₄	7.0	10.0	8.0	8.0	4.0	5.0	10.0	7.5	2.29	30.55
T ₅	7.0	10.0	7.0	5.0	3.0	3.0	7.7	5.95	2.54	42.78
T ₆	8.0	7.0	5.0	5.0	4.0	6.0	7.3	5.72	1.17	20.46
ARBOL MACETA										
T ₁	11.0	13.0	5.0	7.0	2.5	3.0	7.5	6.33	3.51	55.38
T ₂	12.5	12.0	7.0	4.5	5.5	1.0	5.5	5.92	3.28	55.50
T ₃	11.0	10.0	6.5	4.0	5.0	1.0	5.0	5.25	2.70	51.50

Cuadro 10A. Valores obtenidos del contenido de nutrientes 1/ en las macetas donde se aplicaron las soluciones nutritivas en siete fechas de MUESTREO. 1983.

NUTRIENTE	SOL. NUT. 2/	N U M E R O D E M U E S T R E O							\bar{X}
		1	2	3	4	5	6	7	
N (%)	T ₁	0.014	0.014	0.0143	0.0142	0.015	0.015	0.0161	0.0147
	T ₂	0.014	0.014	0.0142	0.0142	0.015	0.015	0.016	0.0147
	T ₃	0.014	0.014	0.0142	0.0142	0.015	0.0149	0.0159	0.0147
P (ppm)	T ₁	30.35	54.50	135.40	101.33	225.00	247.40	157.50	153.5
	T ₂	30.35	65.40	67.63	112.57	135.00	157.50	155.20	115.55
	T ₃	30.35	54.50	103.58	123.80	157.50	157.50	146.20	123.83
K (ppm)	T ₁	700	530	850	700	840	960	1120	833.33
	T ₂	700	610	870	790	890	740	1170	845.0
	T ₃	700	720	560	810	845	900	900	789.16
Ca (ppm)	T ₁	3100	3600	3600	2800	2900	3300	3300	3250.0
	T ₂	3100	3500	2300	2300	2200	2700	2700	2616.6
	T ₃	3100	2600	3500	2800	2500	2500	3200	2850.0
Mg (ppm)	T ₁	90	80	90	60	80	90	120	86.66
	T ₂	90	80	80	60	65	70	100	75.83
	T ₃	90	70	70	70	80	70	110	78.33
Mn (ppm)	T ₁	3.5	3.1	5.4	4.2	3.7	4.2	4.0	4.1
	T ₂	3.5	4.4	4.0	2.6	3.1	3.6	4.0	3.62
	T ₃	3.5	4.0	4.0	4.9	2.9	3.5	3.4	3.78
Fe (ppm)	T ₁	17.8	4.0	5.0	5.0	4.0	4.0	17.0	6.5
	T ₂	17.8	6.0	4.0	4.0	5.0	4.0	16.3	6.55
	T ₃	17.8	6.0	6.0	7.0	3.0	6.0	17.0	7.5
Zn (ppm)	T ₁	16	17	6	10	7	14	14	11.33
	T ₂	16	12	8	11	6	20	16	12.16
	T ₃	16	14	8	17	10	15	15	13.16
Cu (ppm)	T ₁	1.8	2.4	1.3	0.8	0.8	0.5	1.5	1.22
	T ₂	1.8	1.4	2.8	1.3	1.9	0.6	1.5	1.58
	T ₃	1.8	1.2	1.0	1.2	0.5	1.0	1.7	1.1

1/ Cada valor fué obtenido de tres macetas con idéntico tratamiento

2/ Tratamientos 1, 2 y 3 de las soluciones nutritivas, donde únicamente variaba la concentración de zinc

Cuadro 11A. Resultados de los análisis de varianza hechos para cada nutriente en los folíolos de los árboles injertados en el presente trabajo, 1983.

NUTRIENTE	F.V.	Fc	F _t		INTERPRETACION	C.V. %
			0.05	0.01		
N	TRATAMIENTOS	1.038	2.53	3.70	N S	8.63
P	TRATAMIENTOS	0.699	2.53	3.70	N S	42.22
K	TRATAMIENTOS	1.029	2.53	3.70	N S	14.12
Ca	TRATAMIENTOS	4.54	2.53	3.70	* *	18.02
Mg	TRATAMIENTOS	2.82	2.53	3.70	*	19.83
Fe	TRATAMIENTOS	1.73	2.53	3.70	N S	24.88
Mn	TRATAMIENTOS	23.22	2.53	3.70	* *	31.66
Zn	TRATAMIENTOS	9.72	2.53	3.70	* *	83.98
Cu	TRATAMIENTOS	1.84	2.53	3.70	N S	57.10

* * Altamente significativo para Ft 0.01

* Significativo para Ft 0.05

N S No significativo

10

Cuadro 12A. Resultados de los análisis de varianza hechos para cada nutriente en los folíolos de los árboles de las macetas donde se aplicaron las soluciones nutritivas en el presente trabajo. 1983.

NUTRIENTE	F.V.	Fc	F _t		INTERPRETACION	C.V. (%)
			0.05	0.01		
N	Solución Nutritiva	1.40	3.68	6.36	NS	7.88
P	Solución Nutritiva	0.033	3.68	6.36	NS	46.09
K	Solución Nutritiva	5.084	3.68	6.36	*	22.72
Ca	Solución Nutritiva	0.298	3.68	6.36	NS	21.77
Mg	Solución Nutritiva	0.84	3.68	6.36	NS	15.39
Fe	Solución Nutritiva	0.884	3.68	6.36	NS	30.11
Mn	Solución Nutritiva	1.58	3.68	6.36	NS	27.30
Zn	Solución Nutritiva	0.310	3.68	6.36	NS	25.58
Cu	Solución Nutritiva	0.147	3.68	6.36	NS	56.73

NS No significativo

* Significativo para F_t 0.05

Cuadro 13A. Rango intermedio del contenido de nutrientes para el cultivo del nogal según Chapman (1973) y Walsh Beaton (1973).

NUTRIENTE	RANGO INTERMEDIO	NUTRIENTE	RANGO INTERMEDIO
Nitrógeno (%)	2.30 - 2.9		
Fósforo (%)	0.11 - 0.16	Manganeso (ppm)	150 - 500
Potasio (%)	1.0 - 1.5	Hierro (ppm)	75 - 150
Calcio (%)	0.7 - 1.5	Zinc (ppm)	66.0- 202.0
Magnesio (%)	0.18 - 0.43	Cobre (ppm)	21.0- 28.0

Cuadro 15A. Prueba de rango múltiple de Duncan para realizar la separación de medias de tratamientos para el contenido de calcio, en los niveles de significancia a 5 y 1%. 1983.

	\bar{T}_1	\bar{T}_6	\bar{T}_5	\bar{T}_4	\bar{T}_3	\bar{T}_2
DMS _{n.05}	0.32	0.316	0.308	0.199	0.285	
DMS _{n.01}	0.426	0.418	0.41	0.399	0.384	
	1.404	1.56	1.585	1.608	1.70	2.028
2.028	0.62 **	0.468**	0.443**	0.42 **	0.328*	0
1.70	0.296NS	0.14 NS	0.115NS	0.092NS	0	
1.608	0.204NS	0.048NS	0.023NS	0		
1.585	0.181NS	0.025NS	0			
1.56	0.156NS	0				
1.404	0					
		DMS _{.05} = 0.285				
		DMS _{.01} = 0.384				
		DMS _{nα} = (DMS α) (R)				

DMS_{n α} - Comparadores para determinar la diferencia entre medias de tratamientos para el nivel 5 o 1%.

$\bar{T}_1 \dots \bar{T}_6$ Medias de tratamientos en orden ascendente.

** Diferencia altamente significativa entre medias de tratamientos para el nivel 1%.

* Diferencia significativa entre medias de tratamientos para el nivel 5%.

NS Diferencia no significativa entre medias de tratamientos.

R Valor tabular de factores studentizados significativos para el nivel de significación, g. 1. error y disposición relativa de las medias en el arreglo.

Cuadro 16A. Prueba de rango múltiple de Duncan para realizar la separación de medias de tratamientos para el contenido de manganeso en los niveles de significancia 5 y 1%. 1983.

DMS _{n.05}	24.0	23.78	23.14	22.50	21.43	
DMS _{n.01}	33.03	31.45	30.88	30.01	28.86	
	\bar{T}_3	\bar{T}_2	\bar{T}_6	\bar{T}_1	\bar{T}_4	\bar{T}_5
	76.16	90.0	95.67	124.8	154.67	162.5
162.5	86.34**	72.5 **	66.83**	37.7 **	7.83NS	0
154.67	78.51**	64.67**	59.0 **	29.87 *	0	
124.8	48.64**	34.8 **	29.13 *	0		
95.67	19.51NS	5.67NS	0			
90.0	13.84NS	0				
76.16	0					
			DMS _{.05}	=	21.43	
			DMS _{.01}	=	28.86	
			DMS _{n α}	=	(DMS α) (R)	

DMS_{n α} = Comparadores para determinar la diferencia entre medias de tratamientos para el nivel 5 o 1%.

$\bar{T}_1 \dots \bar{T}_6$ Medias de tratamientos en orden ascendente

** Diferencia altamente significativa entre medias de tratamientos para el nivel 1%.

* Diferencia significativa entre medias de tratamientos para el nivel 5%.

NS Diferencia no significativa entre medias de tratamientos.

R Valor tabular de factores studentizados significativos para el nivel de significancia, g. 1. del error y disposición relativa de las medias en el arreglo.

Cuadro 17A. Prueba de rango múltiple de Duncan para realizar la separación de medias de tratamientos para el contenido de magnesio, en el nivel de significancia 5%. 1983.

DMS _{n.05}	0.60	0.0599	0.058	0.056	0.054	
	\bar{T}_1	\bar{T}_2	\bar{T}_3	\bar{T}_6	\bar{T}_4	\bar{T}_5
	0.226	0.228	0.246	0.27	0.288	0.29
0.29	0.064 *	0.062 *	0.044NS	0.02 NS	0.002NS	0
0.288	0.062 *	0.06 *	0.042NS	0.018NS	0	
0.27	0.044NS	0.042NS	0.024NS	0		
0.246	0.02 NS	0.018NS	0			
0.226	0					
			DMS _{.05} = 0.054			
			DMS _{nα} = (DMS α) (R)			

DMS_{n α} .- Comparadores para determinar la diferencia entre medias de tratamientos para el nivel 5%.

$\bar{T}_1 \dots \bar{T}_6$ Medias de tratamientos en orden ascendente.

* Diferencia significativa entre medias de tratamientos para el nivel 5%.

NS Diferencia no significativa entre medias de tratamientos.

R Valor tabular de factores studentizados significativos, para el nivel de significancia, g. 1. del error y disposición relativa de las medias en el arreglo.

Cuadro 18A. Prueba de rango múltiple de Duncan para realizar la separación de medias de tratamientos para el contenido de potasio, en el nivel de significancia 5%. 1983.

$DMS_{n.05}$	0.353	0.343	0.327
	\bar{T}_2	\bar{T}_3	\bar{T}_1
	1.2	1.58	1.6
1.6	0.4 *	0.02 NS	0
1.58	0.38*	0	
1.2	0		
		$DMS_{.05} = 0.327$	
		$DMS_{n\alpha} = (DMS_{\alpha}) (R)$	

$DMS_{n\alpha}$ - Comparadores para determinar la diferencia entre medias de tratamientos para el nivel 5%.

$\bar{T}_1 \dots \bar{T}_6$ - Medias de tratamientos en orden ascendente.

*

Diferencia significativa entre medias de tratamientos para el nivel 5%.

NS

Diferencia no significativa entre medias de tratamientos.

R

Valor tabular de factores studentizados significativos, para el nivel de significancia, g.l. del error y disposición relativa de las medias en el arreglo.