

# Corrección de la clorosis férrica en melocotonero y su repercusión sobre el contenido mineral, relaciones nutritivas y rendimientos

por L. HERAS, M. SANZ y L. MONTAÑÉS \*

Estación Experimental de Aula Dei. ZARAGOZA

Recibido el 4 - II - 76

## ABSTRACT

HERAS, L.; SANZ, M. y MONTAÑÉS, L. 1976. — Iron chlorosis correction and their influence on the mineral content, nutritive ratios and yield. *An. Aula Dei*, **13** (3/4): 261-289.

In this work is studied the effect of three treatments on the iron chlorosis correction in peach trees (local variety). The influence of these treatments on the mineral nutrient contents of the leaf and its evolution, nutritive balances and ratios, and the yield, are also studied.

The efficacy of both, soil application of chelates and solid injection of ferrous sulfate procedures to chlorosis correction is proved. Soil application of fritters iron compounds is not efficient.

The recovering of trees did not influence upon N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu and Zn in leaves evolution.

The N, K, Ca, Mg and Mn contents of leaves are higher in chlorotic material than in green leaves, nevertheless the N content aims to be similar at the end of the vegetative cycle. The P, Fe, Cu and Zn contents are also similars in both types of material.

The value of the «global feeding» (N + P + K and K + Ca + Mg) in the chlorotic material is higher than this value in the green material, showing a disturbed nutritive balance by a potassium excess. Moreover the value of the K/Ca ratio is lower when the chlorotic symptomatology disappears. However the P/Fe ratio is not modified.

A better yield is observed in recovered trees.

## I. INTRODUCCION

A pesar del gran número de trabajos realizados sobre la deficiencia de hierro, no se han podido aclarar los varios y complejos

\* En la realización de este trabajo han colaborado también: José María Ayala; José Luis Cabetas y Celestino Vega, del Servicio de Extensión Agraria. Concepción Fustero; Aurora Poc; María del Pilar Cajal y Pedro Ripalda, del Departamento de Producción Vegetal (Estación Experimental de Aula Dei).

mecanismos que intervienen en la regulación de la disponibilidad del hierro por parte de la planta.

Se ha observado que el contenido de hierro del material afectado por clorosis férrica es, a veces, totalmente normal e incluso, en ocasiones, más elevado que el del material verde, a pesar de lo cual las plantas cloróticas presentan una sintomatología visual anormal y característica, que desaparece cuando se aporta hierro al sistema. Estas anormalidades producirán, evidentemente, alteración y desequilibrio de los macro y micronutrientes dentro de los tejidos vegetales.

Los investigadores no están de acuerdo en lo que respecta a la influencia de la deficiencia de hierro sobre el contenido mineral y relaciones nutritivas. Así LITTLE (1971) encuentra que ni los macronutrientes ni el hierro y manganeso se pueden relacionar individualmente con la clorosis.

Según CARPENA *et al.* (1969) la deficiencia de hierro, en cítricos, determina una serie de anormalidades que se reflejan en el contenido de ciertos nutrientes esenciales, en especial nitrógeno, fósforo y potasio. El material clorótico se caracteriza por presentar un mayor contenido de estos macronutrientes, siendo el nitrógeno el más afectado y menos el fósforo, ocupando el potasio, a este respecto, una posición intermedia. Sin embargo, LINDNER y HARLEY (1944) no encontraron, en el caso del peral, relación directa entre el nitrógeno y fósforo y grado de clorosis y sí, entre éste y potasio. Los resultados expuestos por WALLACE (1928), THORNE y WALLACE (1944) y LINDNER y HARLEY (1944) indican que el material clorótico se caracteriza por un mayor contenido de potasio y un menor contenido de calcio. Por el contrario, DERK *et al.* (1974), trabajando con peral, no encuentran diferencias, en lo que respecta a los tres principales macronutrientes (N, P, K), entre el material deficiente en hierro y el enverdecido por tratamiento con quelato de hierro.

En general, hay una tendencia a considerar que el material afectado por deficiencia de hierro se caracteriza por un mayor contenido de potasio y un menor contenido de calcio, lo que explica que la mayoría de los investigadores hayan encontrado en el material clorótico un mayor valor de la relación potasio/calcio. Sin embargo, WALLIHAN (1955) se expresa en el sentido de que, efectivamente, el material clorótico presenta un mayor contenido de potasio, pero según este investigador, no está clara la relación entre

calcio y clorosis, achacando a la distinta edad de las hojas muestreadas, la relación entre calcio y clorosis enunciada por ciertos autores.

Algunos investigadores dan cuenta de que existe correlación entre las relaciones fósforo/hierro y potasio/calcio con la clorosis. DEKOCK *et al.* (1974) la encuentran estudiando los efectos de la corrección de la clorosis férrica mediante quelato de hierro sobre la composición mineral. Sin embargo, FICHERA (1968) no da importancia a la relación potasio/calcio, en contraposición a BROWN (1956), quien señala que un valor alto de esta relación es la característica del material afectado por clorosis calcárea.

Por lo que respecta a la repercusión económica de la deficiencia de hierro no se conocen datos concretos, lo cual según expresan WALLACE y LUNT (1960) es debido a la irregularidad con que se presenta la deficiencia; no obstante, se ha de señalar que las pérdidas ocasionadas por la clorosis férrica pueden llegar a ser cuantiosas. En casos de deficiencia de grado medio el rendimiento es menor

CUADRO 1.— *Características físico-químicas del suelo sobre el que se asienta la plantación del melocotonero.*

Determinaciones químicas y físicas	Profundidad (cm.)				
	0-15	15-45	45-70	70-90	> 90
pH (H <sub>2</sub> O)	7,90	8,15	8,25	8,20	8,25
pH (KCl)	7,50	7,75	7,75	7,75	7,80
Carbonatos totales (%)	4,70	4,28	3,94	4,45	4,45
Caliza activa (%)	3,50	1,75	1,87	1,87	2,50
Materia orgánica oxidable (%)	2,38	0,77	0,74	0,90	0,74
Nitrógeno Kjeldahl (%)	0,184	0,089	0,084	0,092	0,089
Fósforo asimilable (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g)	84,0	23,0	18,0	23,0	25,0
Potasio asimilable (mg K <sub>2</sub> O/100 g)	45,5	21,0	22,5	24,5	24,0
Calcio asimilable (mg Ca/100 g)	21,0	31,5	28,5	32,0	33,5
Magnesio asimilable (mg Mg/100 g)	460	500	500	550	550
Conductividad (Extr. sat. mmhos/c)	2,78	2,61	2,45	2,67	2,61
Carbonatos en extr. sat. (meq/l)	0	0	0	0	0
Bicarbonatos en extr. sat. (meq/l)	3,00	3,10	3,50	2,60	2,90
Sulfatos en extr. sat. (meq/l)	27,60	26,04	25,00	24,48	27,60
Cloruros en extr. sat. (meq/l)	6,00	6,00	4,00	27,00	5,00
Calcio en extr. sat. (meq/l)	22,00	19,60	17,80	20,20	20,60
Magnesio en extr. sat. (meq/l)	11,00	10,60	14,40	10,20	11,50
Sodio en extr. sat. (meq/l)	1,25	1,25	1,25	2,50	1,25
Arena gruesa (2.000-200 $\mu$ ) %	17,5	10,2	6,9	9,8	11,9
Arena fina (200-50 $\mu$ ) %	28,1	27,0	25,4	24,7	22,8
Limo (50-20 $\mu$ ) %	12,5	12,7	14,7	11,6	11,6
Limo fino (20-2 $\mu$ ) %	22,4	25,3	27,2	26,7	26,6
Arcilla (< 2 $\mu$ ) %	19,5	24,8	25,8	27,2	27,1

y además es lógico pensar que la calidad del producto se encuentre también afectada. En casos de deficiencia grave hasta puede perderse la plantación.

En este trabajo se estudia el efecto que la deficiencia de hierro tiene sobre el contenido y evolución de ciertos nutrientes esenciales en melocotonero así como la eficacia de determinados tratamientos en la corrección del proceso y el efecto que esta corrección tiene sobre la composición, evolución mineral y rendimiento.

## II. MATERIAL Y METODOS

La plantación de melocotoneros se encuentra situada en Villalengua (Zaragoza) y asentada en un suelo cuyas características físicas y químicas figuran en el cuadro 1. Se trata de un suelo aluvial sin diferenciación de horizontes edáficos. Su estructura es prismática en todo el desarrollo del perfil, excepto en la capa arable, que presenta estructura poliédrica. No se aprecian elementos gruesos, manchas, concreciones ni depósitos. La penetración de las raíces se limita a los 45 primeros centímetros. La textura es franca en todo el perfil.

De todos los datos que figuran en el cuadro 1, se deduce que el suelo considerado presenta un elevado pH, contenido bajo de carbonato cálcico total y unas excelentes condiciones de fertilidad. La conductividad eléctrica es algo elevada, pero al ser debida fundamentalmente a sulfato cálcico y, en menor proporción a magnésico, no es limitante para el cultivo frutícola.

Todos los árboles de la plantación (variedad «población») mostraban síntomas de deficiencia de hierro, la cual es debida, sin duda alguna, al elevado pH del suelo.

Se eligieron 40 árboles, los cuales se distribuyeron en cuatro bloques de 10 árboles cada uno de ellos. Un bloque se dejó como testigo y en los tres restantes se procedió a la corrección de la deficiencia por tres métodos distintos. En un bloque (inyectado) se aplicó el método de inyección sólida (ROACH and ROBERTSON, 1945) utilizando pastillas de sulfato ferroso preparadas en la Estación Experimental de Aula Dei; en otro bloque (Sequestrene) el tratamiento consistió en enterrar a 20 cm de profundidad 100 g de se-

questrene (S-138 \*) alrededor de cada árbol y en el tercer bloque (Fritters) se adicionaron de la misma forma 100 g. por árbol de un nuevo producto comercial «Fritters» recomendado para la corrección de la deficiencia de hierro.

El tratamiento con inyección sólida se realizó el 28 de junio de 1973 y los otros dos tratamientos el 3 de julio de 1973.

El material vegetal muestreado, 2.<sup>a</sup>, 3.<sup>a</sup> y 4.<sup>a</sup> hoja contadas a partir de la primera hoja desplegada del ápice, se lavó cuidadosamente en el laboratorio. Tras eliminar los peciolos, el material fue sometido a molienda, después de desecado en estufa de aire forzado a 65 °C.

Las técnicas analíticas aplicadas al material vegetal figuran en un trabajo anterior (MONTAÑÉS *et al.*, 1972).

Los métodos utilizados para análisis de suelo fueron los siguientes:

El pH se determinó en solución suelo-agua (1 : 2,5) mediante medidor de pH Radio-Meter — 22.

El carbonato cálcico se determinó mediante calcímetro Bertrand.

La determinación de materia orgánica oxidable según el método de Wakley-Black (PIPER, 1950).

Para determinar el fósforo «asimilable» se utilizó la solución extractora de Burriel-Hernando. El desarrollo de color se llevó a cabo mediante molibdato amónico con lectura en espectrofotómetro Beckman DB.

Potasio, calcio y magnesio «asimilables» se determinaron en el extracto con acetato amónico (pH = 7,0). El potasio por fotometría de llama y el calcio y magnesio por espectrofotometría de absorción atómica.

La conductividad eléctrica y los aniones y cationes salinizantes se determinaron según los métodos descritos por el United States Salinity Laboratory (1953).

El análisis granulométrico se realizó por el método del densímetro Boyoucus.

\* El S-138 fue suministrado desinteresadamente por la casa Geigy. El quelato es la sal de hierro del etilendianimo dihidroxifenil acético (Fe-EDDHA).

### III. RESULTADOS Y DISCUSION

#### III.1. *Efecto de los tratamientos de corrección de la deficiencia de hierro*

En el cuadro 2 se expresa el grado de clorosis de los 40 melocotoneros que formaban parte de la experiencia. Dicho grado fue determinado visualmente, estableciendo para ello una escala de 1 a 5 con arreglo al siguiente criterio:

- Grado 1: Arbol sin síntomas de deficiencia.
- Grado 2: Arbol con síntomas incipientes de clorosis férrica (hojas jóvenes con clorosis intervenal).
- Grado 3: Arbol con todas las hojas, jóvenes y adultas, cloróticas.
- Grado 4: Arbol con las hojas jóvenes de color blanco amarillento y con algunas zonas necróticas. El resto de las hojas con color amarillento.
- Grado 5: Arbol con los brotes de crecimiento defoliados y muertos. Todas las hojas con color blanco amarillento y con zonas necróticas.

Teniendo en cuenta que se trata de una estimación subjetiva, en aquellos casos en los que la aplicación de un número de la escala de valoración ofrecía dudas se optó por asignar una notación en la que se quiere indicar la zona en la que se situaba el árbol. Para éllo se toman los dos números entre los que se podía considerar aquél, separados por una barra diagonal.

Como puede observarse de los datos que figuran en el cuadro 2, tanto el tratamiento con S-138 como el de inyección sólida se muestran efectivos en la corrección de la deficiencia, siendo este último el que, parece ser, da más rápida respuesta. Algunos de los árboles tratados mediante inyección sólida, mostraron algo de gomosis. Sin embargo, el problema que plantea la presencia de goma es menos grave que el que origina la propia deficiencia. Posiblemente la gomosis no se produciría si el tratamiento se realizase en época más adecuada, como podría ser en período de reposo invernal.

A la vista de los resultados obtenidos se puede establecer que tanto el método de inyección sólida con sulfato ferroso, como el

CUADRO 2.— *Grado de clorosis en los melocotoneros objeto de estudio.*

Arbol número	Testigo			Inyectado			Sequestrene			Fritters		
	28/VI	19/VII	5/IX	28/VI	19/VII	5/IX	28/VI	19/VII	5/IX	28/VI	19/VII	5/IX
1	3	3/4	4	5	1/2	1/2	4	1/2	1	5	3/4	5
2	3	3	4	4/5	1	1	5	4	3	4/5	5	5
3	4	4	5	4	1	1	4	2/3	2	5	5	5
4	4	4	5	3	1/2	1	3/4	2	1	2	3	3
5	5	5	5	5	1/2	1/2	4	3/4	2	4	4	4
6	5	5	5	2/3	1	1	3	3	1	3/4	4	4/5
7	2	2	3	5	1/2	1	3/4	2/3	1/2	3	2	3
8	3	2	4	3/4	1/2	1	3	2	1	3/4	3	4/5
9	3	3	5	4	1/2	1/2	3/4	1/2	1	3	2/3	4
10	3	2	4	3	1/2	1/2	3	2	1/2	3	3	4

de adición al suelo de sequestrene (Fe-EDDHA) son eficaces en lo que respecta a la corrección de la deficiencia de hierro.

En la figura 1 se ha representado gráficamente la evolución del proceso carencial en los 40 árboles que constituían el diseño experimental. Puede verse cómo el grado de clorosis antes de efectuar el tratamiento (junio) es bastante acentuado y relativamente homogéneo en los cuatro bloques. Sin embargo, si observamos la situación en el último raport realizado (septiembre) se aprecia con claridad evidente el distinto comportamiento de cada tratamiento. Así en el bloque testigo y en el tratado con fritters se produce un agravamiento del proceso reflejado en un desplazamiento de los árboles hacia las zonas de mayor grado de clorosis. Por el contrario, tanto el aporte de quelato como la inyección de sulfato ferroso provocan tal mejoría del estado general de los árboles que, en el último raport de incidencia (septiembre), se sitúan en las áreas de clorosis menos graves. Matizando un poco más y según estos resultados, aún podría afirmarse que el bloque «inyectado» queda prácticamente libre de clorosis (seis muestras con grado 1 y cuatro entre 1 y 2), lo cual supone una mayor eficacia en sus efectos que el aporte de quelatos, donde, en la misma época, todavía permanecía un árbol con grado 3 y dos con grado 2, bien entendido que el efecto recuperador de este tratamiento fue también claro.

En este ensayo se ha evidenciado la gravedad de la deficiencia y su enorme repercusión económica ya que en los árboles testigo y los tratados con fritters la intensidad de la clorosis fue acentuándose a medida que avanzaba la estación, de tal manera que, en el

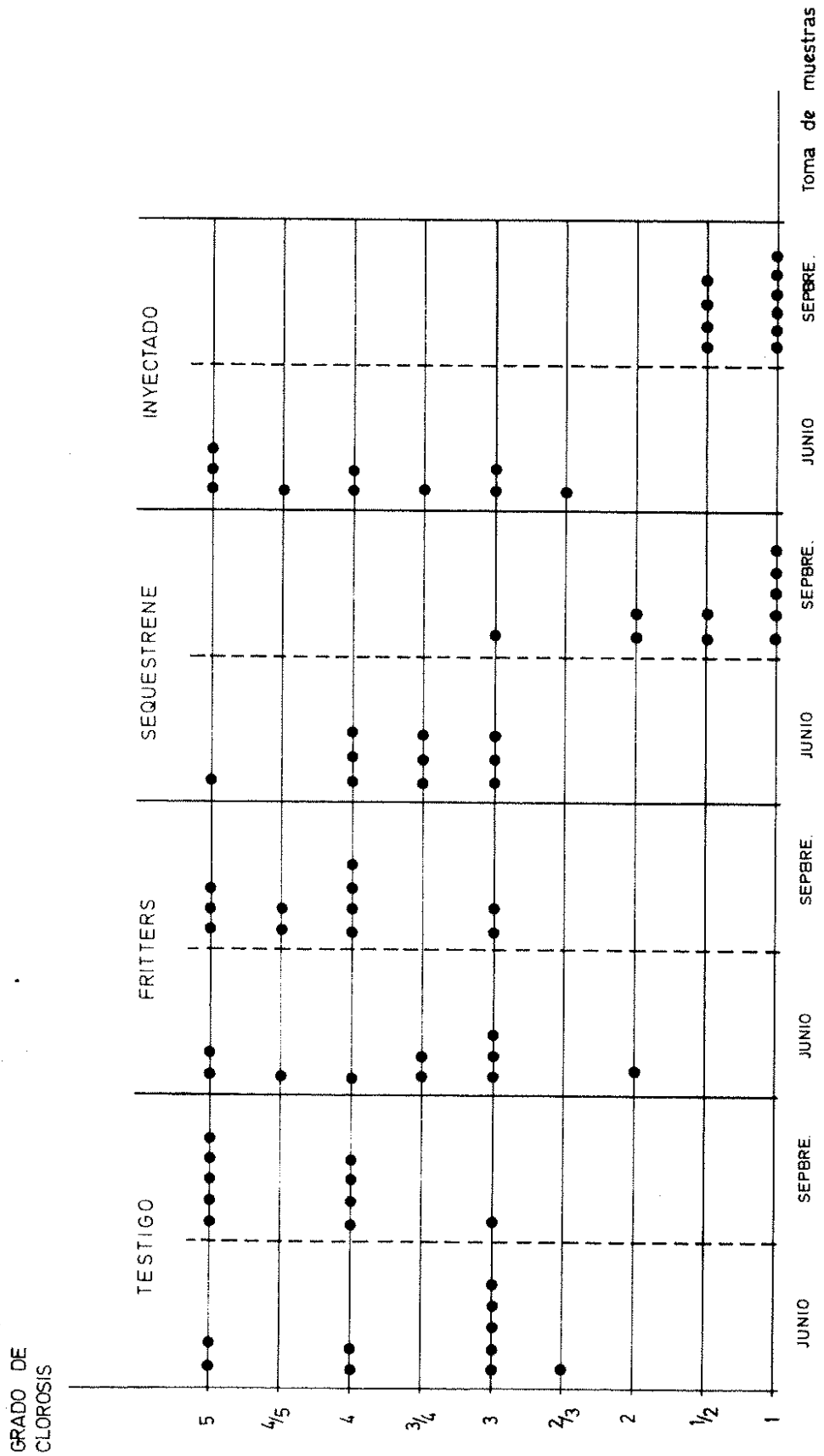


FIG. 1. Evolución del grado de clorosis en los diez árboles que componen cada bloque experimental. Cada árbol se representa por (●).



mes de octubre, mostraron tal gravedad que tuvieron que ser tratados mediante inyección sólida para evitar su muerte. Estos hechos concuerdan con lo expresado por HOLMES y BROWN (1957) en el sentido de que, en casos de deficiencia grave, los árboles sólo pueden vivir como máximo dos años a no ser que se lleve a cabo la corrección. En nuestro caso, tres árboles que se dejaron sin tratar murieron antes de iniciar el ciclo vegetativo siguiente.

### III.2. *Evolución y contenido de nutrientes*

#### *Nitrógeno*

En la figura 2 se representa la evolución del nitrógeno en hojas de melocotonero clorótico (testigo y tratados con fritters) y enverdecido por inyección sólida de sulfato ferroso o adición al suelo de quelato de hierro.

De la observación de la citada figura se deduce que la evolución del nitrógeno, en ambos tipos de material (clorótico y verde), es la misma y se caracteriza por un descenso continuado a lo largo de todo el ciclo, descenso más acusado a partir del mes de agosto. Estos resultados concuerdan con lo señalado por varios investigadores (McCLUNG y LOTT, 1956; BATJER y WESTWOOD, 1958; EGEA *et al.*, 1972).

A la vista, por tanto, de lo expuesto se puede expresar que la deficiencia de hierro no afecta a la evolución del nitrógeno en hoja.

Sin embargo, dentro de esta marcha uniforme del contenido de nitrógeno con los cuatro tratamientos, destaca en el material enverdecido por inyección sólida, un descenso más marcado que el de los otros tres, en la época de junio-julio. Este mayor descenso, evidentemente, es consecuencia del enverdecimiento pero no es debido al aumento de la superficie foliar puesto que, si así fuese, el material recuperado mostraría en todo el ciclo un menor contenido de nitrógeno.

En el caso de adición de quelato de hierro al suelo se observa, al igual que en el caso anterior, pero en la época julio-agosto, un descenso mayor del contenido foliar que el originado en el material clorótico. La no coincidencia de época en que se produce el citado fenómeno puede ser debida a la distinta velocidad de respuesta del

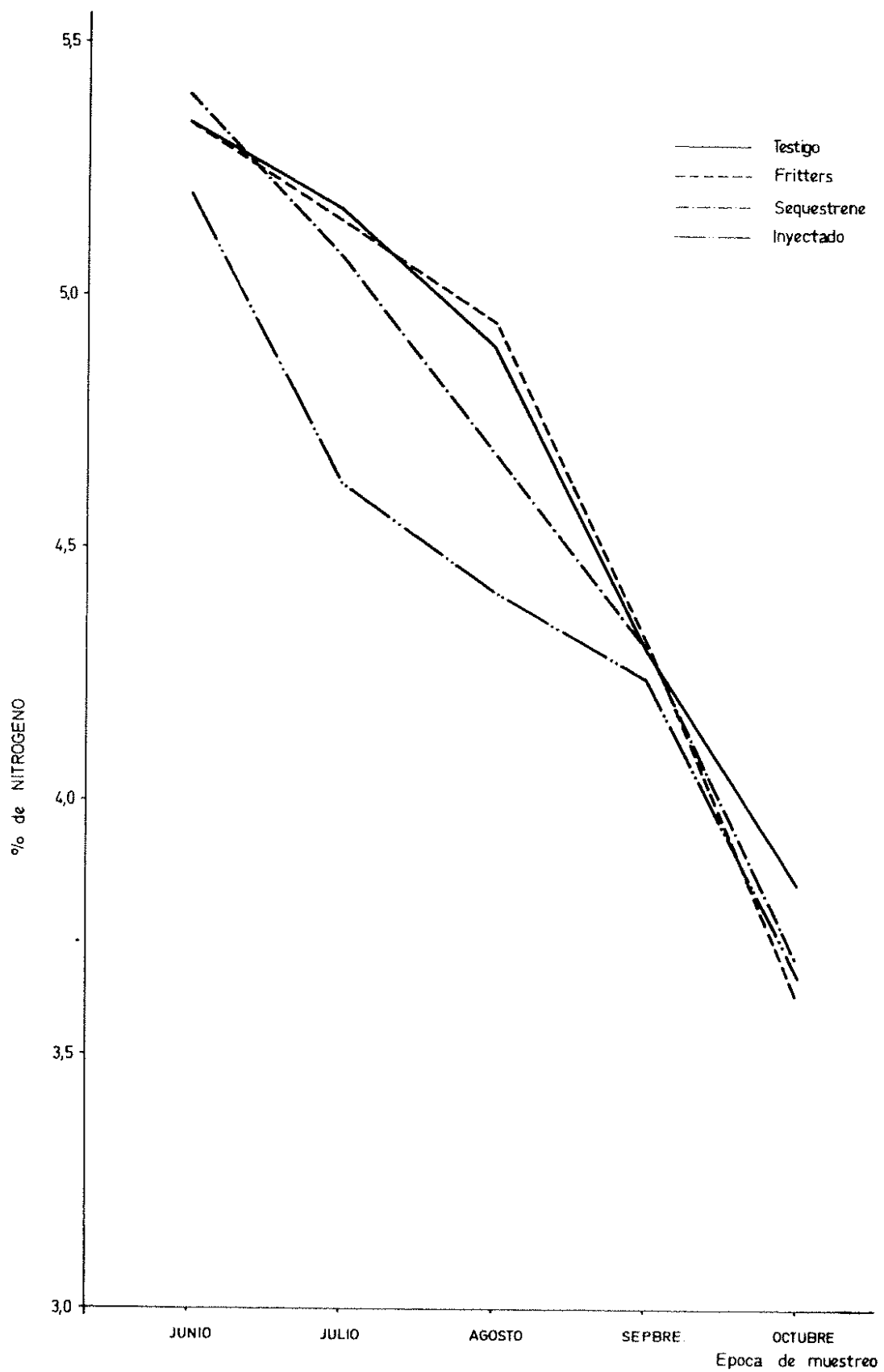


FIG. 2. Evolución del contenido de nitrógeno en hoja.

árbol a los tratamientos que, como ya se ha dicho anteriormente, es mayor y más rápida en el caso de inyección sólida.

Este descenso, brusco y transitorio, observado en los árboles enverdecidos podría ser achacado a una intensificación de los procesos de proteinogénesis. No puede atribuirse a una mayor traslocación de productos nitrogenados, pues, como vamos a ver, parece ser que la deficiencia de hierro no afecta al mencionado proceso. Efectivamente, el contenido de nitrógeno en el material deficiente en hierro manifiesta una tendencia a ser superior al del material enverdecido, excepto al final del ciclo vegetativo, momento en el que ambos tipos de material presentan niveles similares; y es, precisamente, en esta época cuando tiene lugar la traslocación de los compuestos nitrogenados hacia los lugares de reserva, para su utilización en el ciclo siguiente, y por tanto cuando tendría que producirse el descenso brusco del nivel en hoja, si su causa estuviese en la traslocación.

Estos resultados son concordantes con los obtenidos por CARPENA *et al.* (1969) en cítricos, aunque las diferencias observadas entre material clorótico y verde no sean aquí, por lo que a nitrógeno se refiere, tan acusadas; hay que advertir, no obstante, que estos investigadores encuentran diferencias marcadas a lo largo de todo el ciclo vegetativo, en tanto que, en nuestro caso, las pequeñas diferencias desaparecen al final del ciclo.

Si se tienen en cuenta los resultados obtenidos por CARPENA *et al.* (1969), en cítricos, y los de DEKOCK *et al.* (1974) en peral, encontramos que los nuestros ocupan una posición intermedia. En efecto, las diferencias, por lo que respecta a contenido de nitrógeno, no se mantienen a lo largo de todo el ciclo, como encuentran los primeros investigadores citados, aunque sí en determinadas épocas, en contra de lo enunciado por DEKOCK *et al.* (1974). Esta discordancia puede ser debida, por un lado, al diferente material con que se trabaja (CARPENA con cítricos verdes y cloróticos; DEKOCK con perales cloróticos y enverdecidos por tratamiento con quelato de hierro, y en este trabajo con melocotoneros cloróticos y enverdecidos) y por otro, a que DEKOCK solamente procede en su trabajo a una recogida de material. De cualquier forma, como se ve en la figura 2, las diferencias entre material clorótico y enverdecido por tratamiento con quelato de hierro son muy pequeñas, incluso menores que las existentes entre el enverdecido por trata-

miento con quelato de hierro y por inyección sólida. Además es posible que si este estudio se hubiese realizado exclusivamente con los datos correspondientes a la misma época en que DEKOCK y colaboradores hicieron el nuestro, tampoco se hubieran encontrado diferencias de contenido de nitrógeno entre hojas verdes y cloróticas.

Con objeto de tener una cierta idea del estado nutritivo de los melocotoneros cloróticos y enverdecidos, en lo que a nitrógeno se refiere, hemos hecho uso de los datos dados a conocer por LEE y CRADOCK (1971) y McCLUNG y LOTT (1956). Los primeros consideran como contenido normal un nivel del 3 al 3,5 %, en hojas situadas en la zona media del brote del año. Según McCLUNG y LOTT (1956) las hojas terminales, que corresponden a las muestreadas en este trabajo, presentan un contenido de nitrógeno superior en un 11 % al de las situadas en la parte media. Teniendo en cuenta estas observaciones y los valores que hemos obtenido en el mes de agosto, nos encontraríamos con que el material enverdecido, tanto por inyección sólida como por adición de quelato de hierro, se caracteriza por un contenido que se puede incluir dentro de la categoría de «superior al normal» en tanto que los proporcionados por los otros dos bloques (testigo y con «fritters») se incluirían en la categoría de «excesivo».

### *Fósforo*

La evolución del fósforo a lo largo del ciclo vegetativo del melocotonero no viene afectada, como puede observarse en la figura 3, por la deficiencia de hierro. La tendencia general, en todo tipo de material, es a disminuir el contenido de fósforo total a medida que avanza la estación. Estos resultados son coincidentes con los encontrados por ABADÍA (1956), McCLUNG y LOTT (1956) y EGEA *et al.* (1972).

En los árboles enverdecidos por inyección sólida se observa un descenso más brusco, del contenido de fósforo durante la época de junio-julio que, sin duda alguna, es debido al tratamiento. En el caso de adición de quelato de hierro al suelo no se evidencia tan brusco descenso, aunque en la época julio-agosto parece ser que hay una tendencia a que el material enverdecido por aporte de quelato presente un descenso más notable que el material no recuperado. Podría deducirse de ello, por tanto, que el aporte de

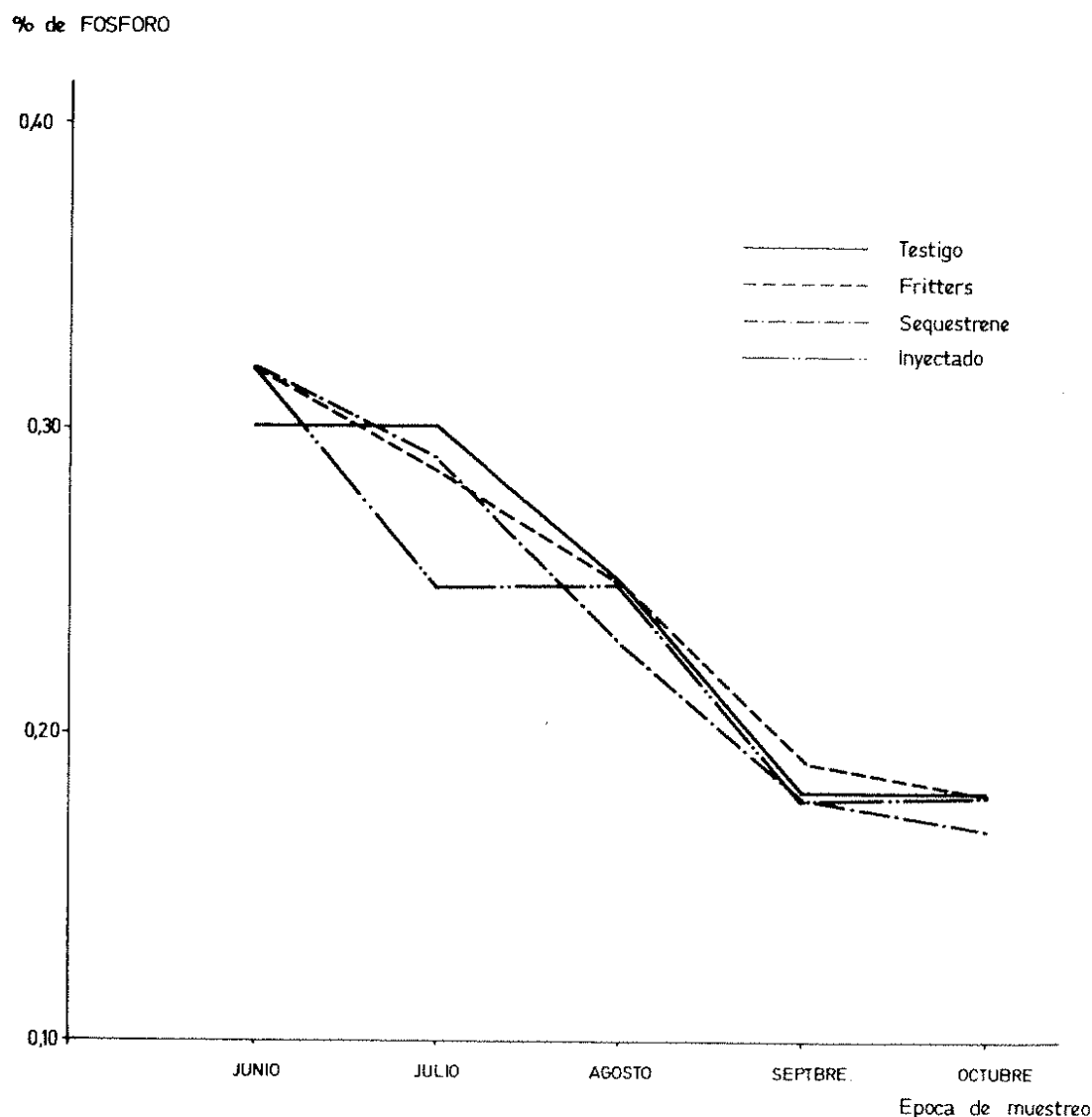


FIG. 3. Evolución del contenido de fósforo en hoja.

hierro origina una disminución transitoria del contenido de fósforo total, lo que coincide con lo expresado por ABADÍA (1956).

El contenido de fósforo total es semejante, excepto en el mes de julio, en los distintos materiales, lo cual parece indicar que este elemento no se encuentra afectado por la deficiencia de hierro de los frutales aquí considerados.

Si se tienen en cuenta los valores dados a conocer por McCLUNG y LOTT (1956) y LEE y CRADOCK (1971) nos encontramos que en todos los tipos de material vegetal estudiados, el contenido de fósforo se puede incluir en la categoría de «normal».

### Potasio

En la figura 4, se representa la evolución de este macronutriente a lo largo del ciclo vegetativo del melocotonero, la cual sigue un curso paralelo al encontrado por EGEA *et al.* (1972). A primera vista parece que la evolución del potasio se encuentra afectada por la deficiencia de hierro. Sin embargo, esto no es así, puesto que, a partir del mes de julio, en el caso de los árboles tratados con inyección sólida, y del de agosto, en el caso de adición al suelo de quelato de hierro, la evolución del potasio es la misma para el ma-

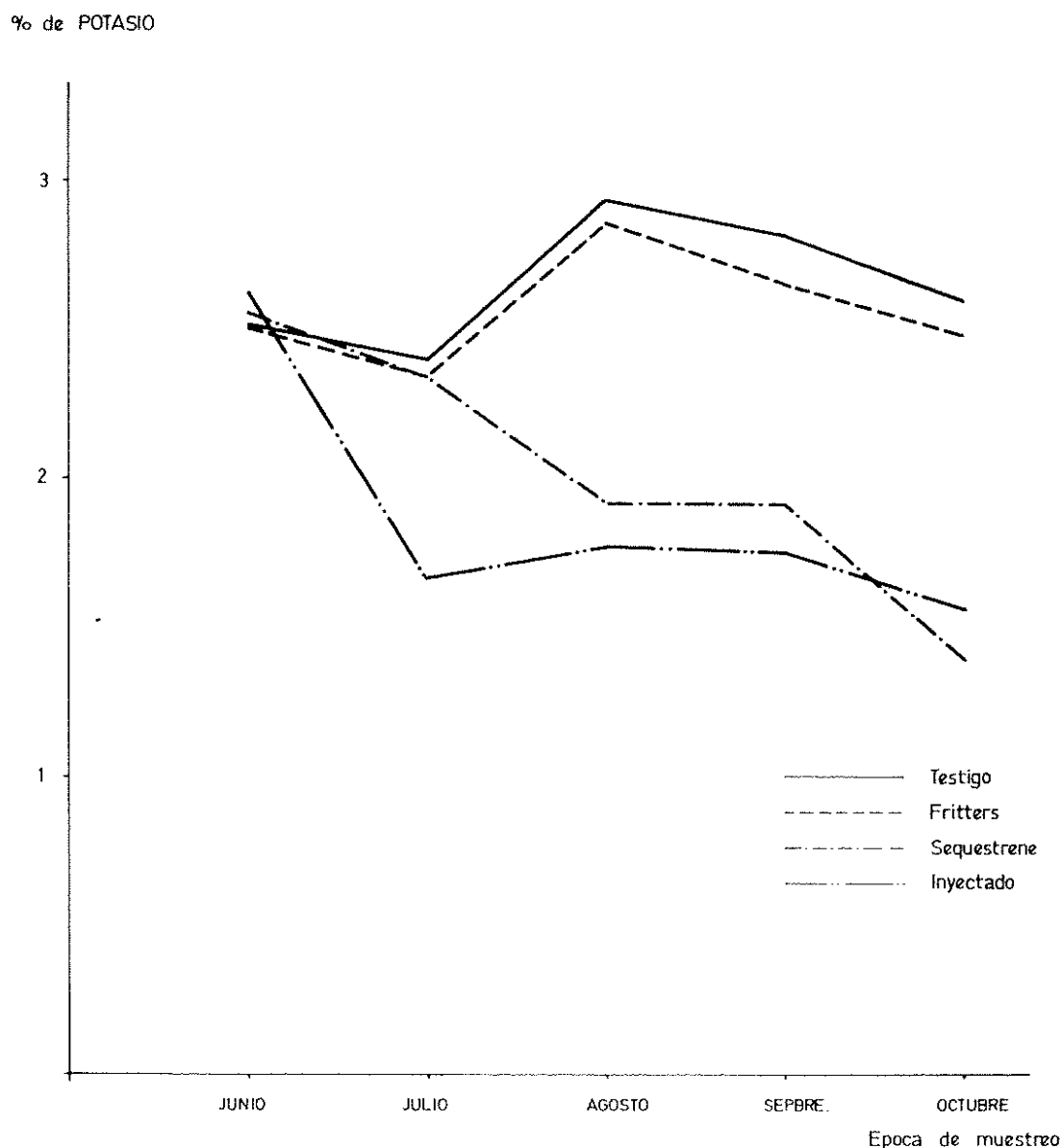


FIG. 4. Evolución del contenido de potasio en hoja.

terial clorótico que para el enverdecido. Las aparentes diferencias que aparecen en esta evolución en los períodos junio-julio y julio-agosto, en el caso de material enverdecido por inyección sólida y por adición al suelo de quelato, respectivamente, son consecuencia del tratamiento. Este produce en los períodos mencionados un descenso del potasio en hoja que, creemos, es debido a una traslocación del elemento.

A lo largo de todo el ciclo el contenido de potasio del material clorótico es superior al del material enverdecido, lo que está de acuerdo con lo expresado por otros investigadores (LINDNER y HARLEY, 1944; ILJIN, 1952; ABADÍA, 1956). Ello puede ser debido a la razón ya indicada, esto es, a encontrarse bloqueada la traslocación de este macroelemento en el material clorótico.

Si se tienen en cuenta los valores estándar dados a conocer por LEE y CRADOCK (1971) para melocotonero y lo indicado por McCLUNG y LEE (1956) sobre variación del contenido en relación con la posición de la hoja, nos encontramos con que el material enverdecido presenta un nivel de potasio en hoja que cae dentro del valor «normal», en tanto que el correspondiente al material clorótico caería dentro de la categoría de «alto».

### *Calcio y magnesio*

La evolución de calcio y magnesio a lo largo del ciclo vegetativo del melocotonero no viene afectada por la deficiencia de hierro, como puede observarse en las figuras 5 y 6.

La tendencia de ambos macronutrientes es de ir aumentando a lo largo del ciclo, coincidiendo con lo que indican diversos autores (McCLUNG y LOTT, 1956; BATJER y WESTWOOD, 1958).

El contenido de calcio del material clorótico es ligeramente superior al del material enverdecido, lo que no coincide con lo expresado por FICHERA (1968) en el sentido de que, en el material verde y el enverdecido se manifiesta un aumento del contenido de calcio. FICHERA explica este hecho por el conocido antagonismo calcio-potasio, lo que en nuestro caso, no se ha puesto en evidencia. Además no creemos que ésta pueda ser la explicación del hecho puesto que el contenido de potasio del material clorótico es superior al del material enverdecido y, por tanto, si en el fenómeno que nos ocupa hubiera un efecto de antagonismo, es evidente que el contenido de calcio del material clorótico debería ser menor que en el verde.

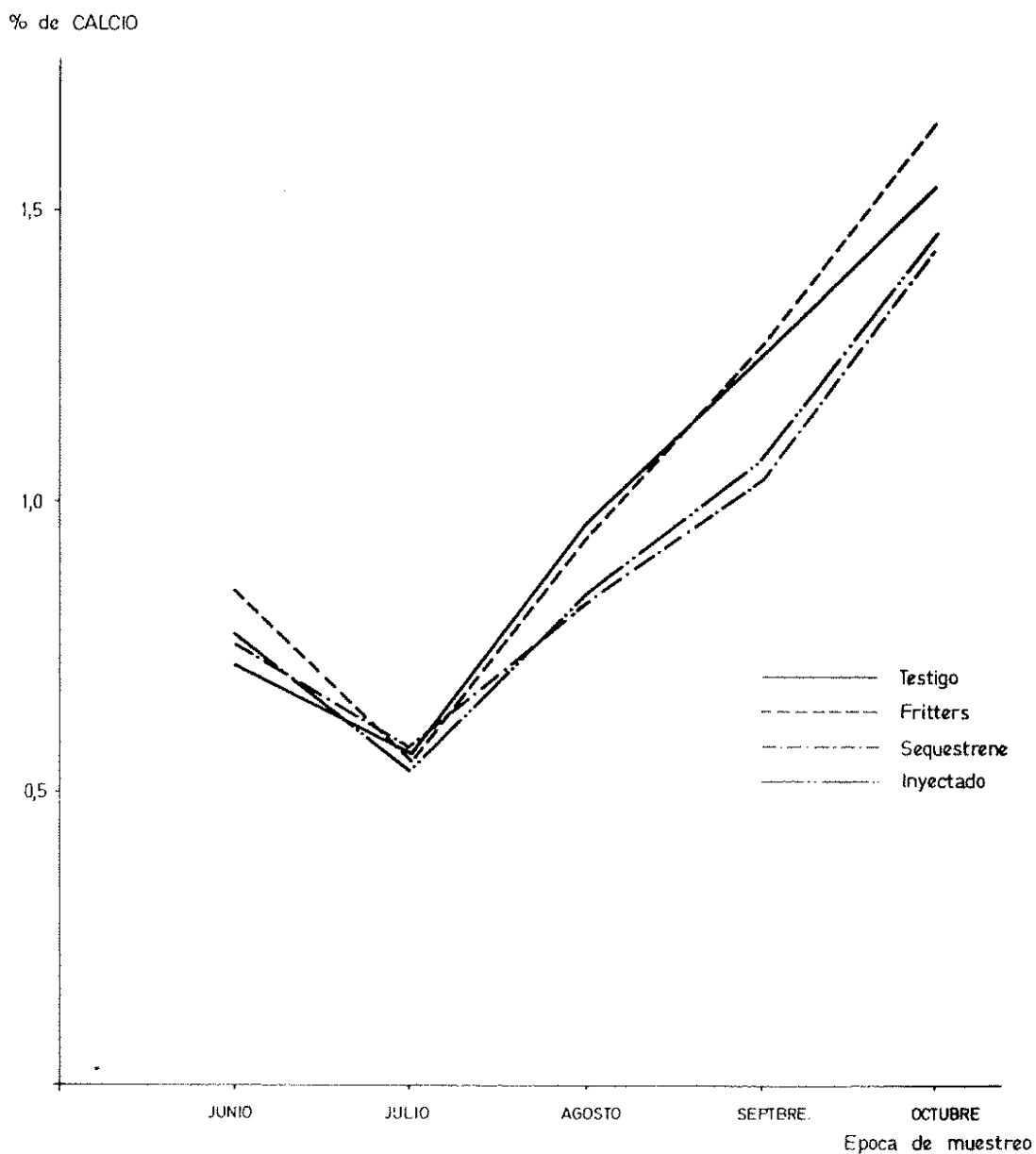


FIG. 5. Evolución del contenido de calcio en hoja.

Si tenemos en cuenta los valores de calcio dados a conocer por McCLUNG y LOTT (1956) (1,85 % para hojas terminales y muestras recogidas en el mes de agosto) los contenidos encontrados en el presente estudio para esa misma época (de 0,80 a 0,95 %) se incluirían dentro de la categoría de contenidos «bajos».

Por lo que respecta al magnesio (figura 6) parece ser que hay una tendencia a que el material deficiente presente un mayor contenido que el recuperado.



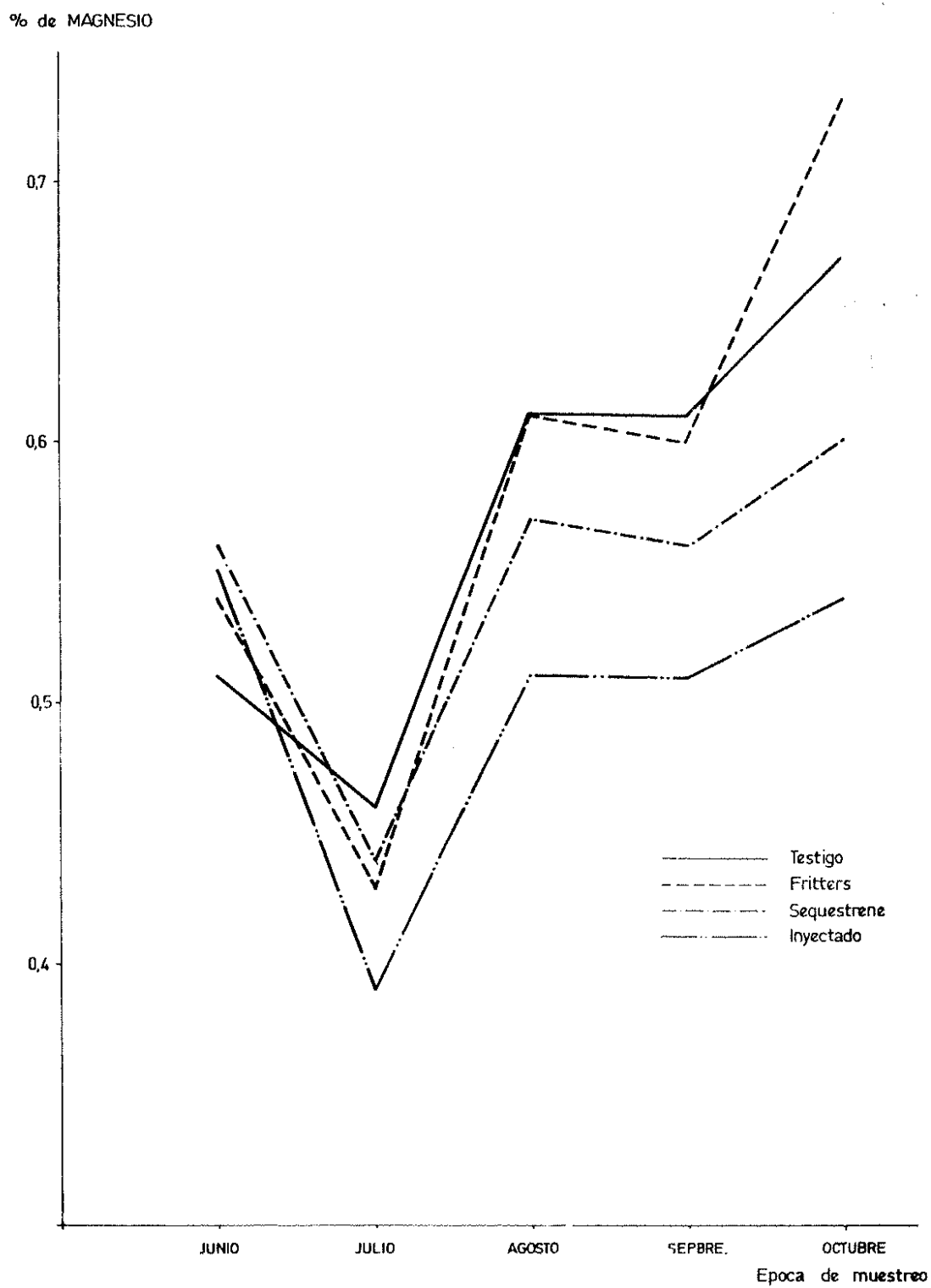


FIG. 6. Evolución del contenido de magnesio en hoja.

Si se tienen en cuenta los valores señalados en la bibliografía los contenidos de magnesio, tanto de un material como de otro, se pueden considerar como «normales».

### Hierro

Como puede apreciarse en la figura 7, la evolución de este micro-nutriente es idéntica en todos los tipos de material vegetal consi-

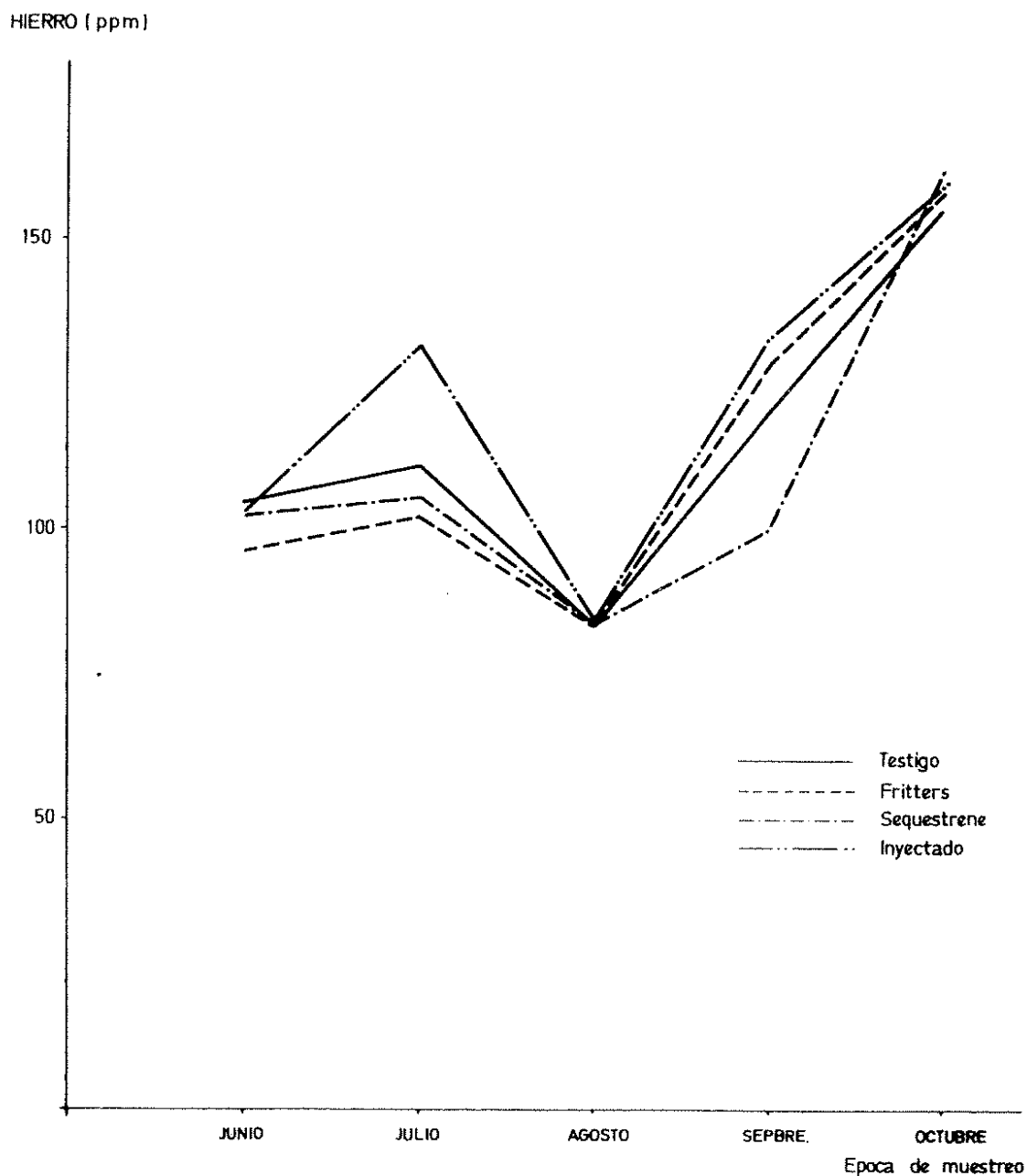


FIG. 7. Evolución del contenido de hierro en hoja.

derados. Se observa un aumento en el período junio-julio, seguido de un descenso y posterior aumento a partir del mes de agosto, que se mantiene durante el ciclo experimental.

El material afectado por deficiencia de hierro y el enverdecido presentan, a lo largo de todo el ciclo vegetativo de la planta, un contenido de hierro semejante. Este hecho no puede achacarse a deficiente lavado del material puesto que esta operación se realizó de la misma manera que en un trabajo anterior (HERAS *et al.*, 1971) en el que se puso de manifiesto que el material recuperado por inyección sólida presentaba un contenido de hierro mayor que el material no tratado; en este último trabajo el muestreo se realizó en el mes de agosto y el tratamiento se había efectuado en mayo.

Parece lógico pensar, por tanto, que el contenido de hierro en material deficiente sea función del factor responsable de la deficiencia, el cual haría que en unos casos pudiera tratarse de una deficiencia directa y en otros ser inducida. Así, en el trabajo anterior, ya citado, la deficiencia podía muy bien ser directa y achacable al alto contenido de carbonato cálcico del suelo, en tanto que en éste, el único factor, de los estudiados, posible causante de la clorosis es el pH elevado del suelo y, por tanto, la deficiencia sería inducida. No creemos que en los resultados pueda influir el contenido de agua ni el aumento de la superficie foliar, puesto que la diferencia de contenido entre material enverdecido por inyección sólida y por adición de quelato al suelo es mayor que entre cualquiera de éstos y el material testigo.

Los dos tratamientos que han dado resultado positivo, en lo que respecta a la corrección de la deficiencia, adición al suelo de quelato de hierro e inyección sólida, tienen como fundamento el aportar hierro al sistema. Sin embargo, como puede observarse en la figura 7, únicamente en el caso de inyección sólida, el material enverdecido presenta, en el primer muestreo después de realizado el tratamiento, un contenido de hierro que haga pensar en un aporte de elemento; posteriormente tanto este material como el clorótico presentan, aproximadamente, el mismo contenido. Estos resultados son coincidentes con lo expresado por ABADÍA (1956) quien, trabajando con peral, membrillero y melocotonero, encuentra que cuando se aporta hierro al sistema, en forma de sulfato ferroso, el material vegetal acusa inicialmente el aporte, pero des-

pués, tanto material tratado como sin tratar, presentan prácticamente el mismo contenido.

En el caso de aporte de hierro por medio de adición al suelo de quelato de hierro no se pone en evidencia dicho aporte, lo cual coincide con los resultados obtenidos por DEKOCK *et al.* (1974) y WALLACE y MUELLER (1972).

De estos resultados parece deducirse que el hierro en los árboles cloróticos se encuentra inmovilizado a nivel hoja y que por efecto del tratamiento de corrección de la clorosis se consigue tener hierro fisiológicamente activo, provocándose la traslocación del elemento.

Por lo que respecta al contenido de hierro total, tanto el material clorótico como el enverdecido presentan una cantidad de hierro que puede considerarse como «normal», si se tienen en cuenta los datos que figuran en la bibliografía (McCLUNG y LOTT, 1956, y LEE *et al.*, 1971).

De todo lo anteriormente expuesto parece lógico pensar que en el material clorótico se produce una inmovilización del hierro lo cual estaría de acuerdo con FICHERA (1968), quien indica, en agrios, que la clorosis férrica ha de atribuirse más a una inactivación del hierro a nivel celular, por insolubilidad, que a un defecto en la absorción radicular. Si se tienen en cuenta los resultados obtenidos por DÍEZ-ALTARES (1959) con peral y cacahuete, en los que era capaz de conseguir una cierta recuperación mediante inyecciones intervenales con soluciones de ácido sulfúrico y ácido acético con valores de pH de 2,25 y 3,06, respectivamente, y lo expresado por ROGERS y SHIVE (1932) en el sentido de que el jugo de las plantas verdes se caracteriza por un pH menor, encontrando que las acumulaciones de hierro tienen lugar en las regiones en las que el pH es más elevado, podría deducirse que la posible inmovilización del hierro podría deberse al pH del jugo y, por tanto, la recuperación de los árboles habría que achacarla más a la acción sobre ese pH del jugo que a un aporte directo de hierro.

Tampoco habría que olvidar el efecto del sulfato ferroso sobre el estado redox (HERAS, 1961) y que, como indican CHAPMAN (1931), ROSS (1938) y SOMMER y SHIVE (1942), los sistemas de óxido-reducción en plantas cloróticas se encuentran desequilibrados, lo que conduce a una inmovilización del hierro.

### Manganeso

La evolución del manganeso a lo largo del ciclo vegetativo de la planta es independiente del estado en que se encuentre el material vegetal, según puede observarse en la figura 8. El contenido de manganeso sufre una serie de fluctuaciones, pero al final del ciclo vegetativo es muy similar al que la planta tenía inicialmente.

El material afectado por clorosis férrica presenta un contenido de este micronutriente mayor que el enverdecido, bien por adición de quelato al suelo o por inyección sólida. Por tanto, parece deducirse de este hecho que, en el material y condiciones en que trabajamos, existe una relación entre hierro y manganeso, en el sentido de que la recuperación del árbol lleva consigo una disminución del contenido de manganeso.

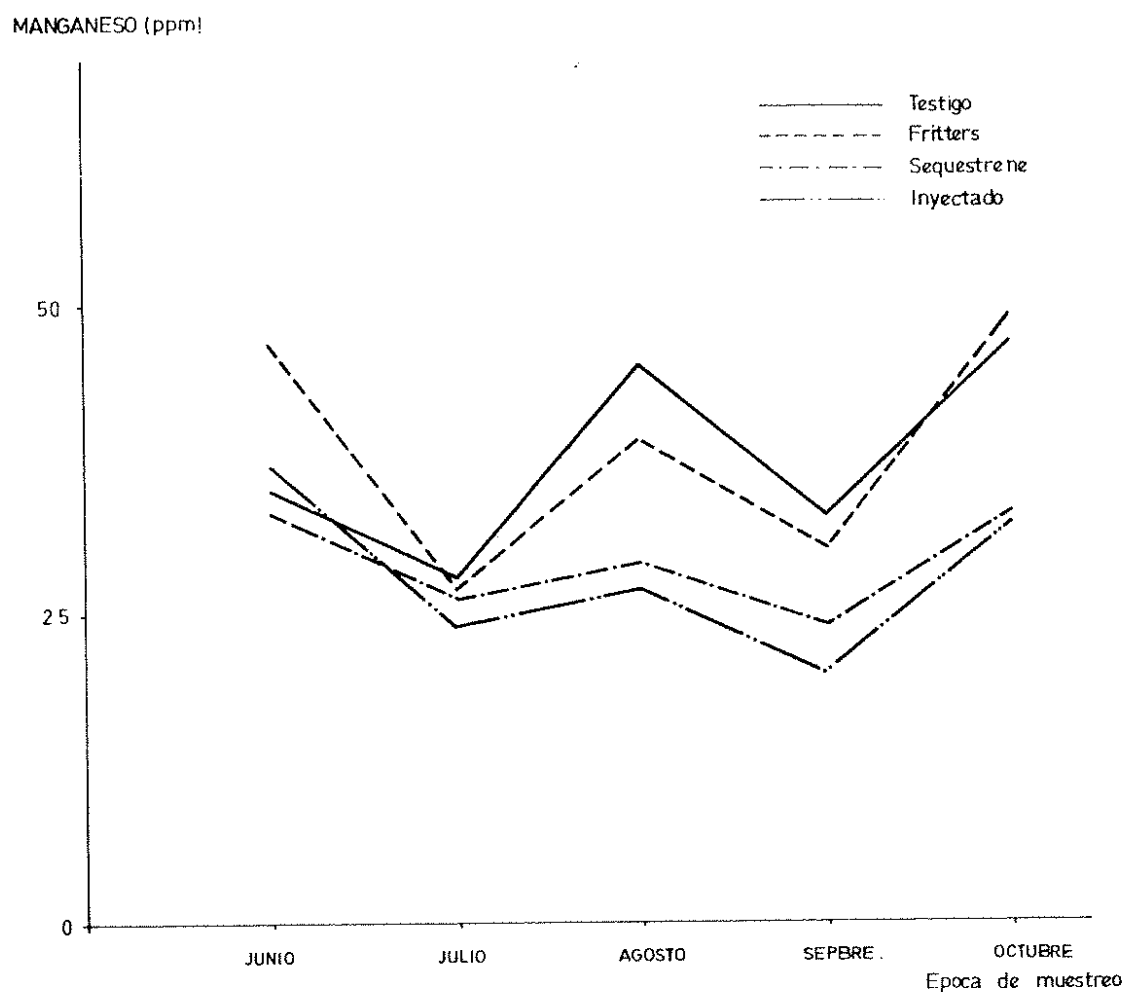


FIG. 8. Evolución del contenido de manganeso en hoja.

Teniendo en cuenta los datos dados a conocer por LEE y CRADOCK (1971) y lo expresado por McCLUNG y LOTT (1956), los contenidos de manganeso, tanto del material clorótico como del recuperado, se incluirían en la categoría de «normales». Esto, junto con el hecho de que las diferencias entre un tipo de material y otro no sean excesivamente grandes, induce a pensar que este microelemento no es afectado por la deficiencia de hierro que muestran los melocotoneros y que el mayor contenido de manganeso del material clorótico pudiera ser debido también a una cierta inmovilización de este microelemento a nivel hoja.

### *Cobre y zinc*

La evolución de estos dos microelementos a lo largo del ciclo vegetativo del melocotonero no se encuentra afectada por la deficiencia de hierro (figuras 9 y 10).

El cobre presenta, tanto en material clorótico como en el enverdecido, una constancia en la primera fase del ciclo vegetativo, para después mostrar un ligero aumento y luego mantenerse prácticamente a nivel constante. En cambio el zinc se caracteriza por un ligero descenso seguido de un brusco aumento y posteriormente un nuevo descenso.

A la vista de los resultados obtenidos puede decirse que ninguno de estos dos microelementos está afectado por la deficiencia de hierro.

Los contenidos, teniendo en cuenta los datos que figuran en la bibliografía (LEE y CRADOCK, 1971), se pueden considerar como «normales».

### III.3. *Alimentación global y equilibrio nutritivo*

Los valores de la alimentación global y equilibrios nutritivos (cuadros 3 y 4) se han calculado considerando los contenidos de los nutrientes obtenidos en el muestreo realizado en el mes de agosto.

Se observa en el cuadro 3, que el material deficiente en hierro se caracteriza por una elevada alimentación global y un desequilibrio nutritivo favorable al potasio y en perjuicio del nitrógeno, aunque como se ha visto al considerar los elementos por separado,

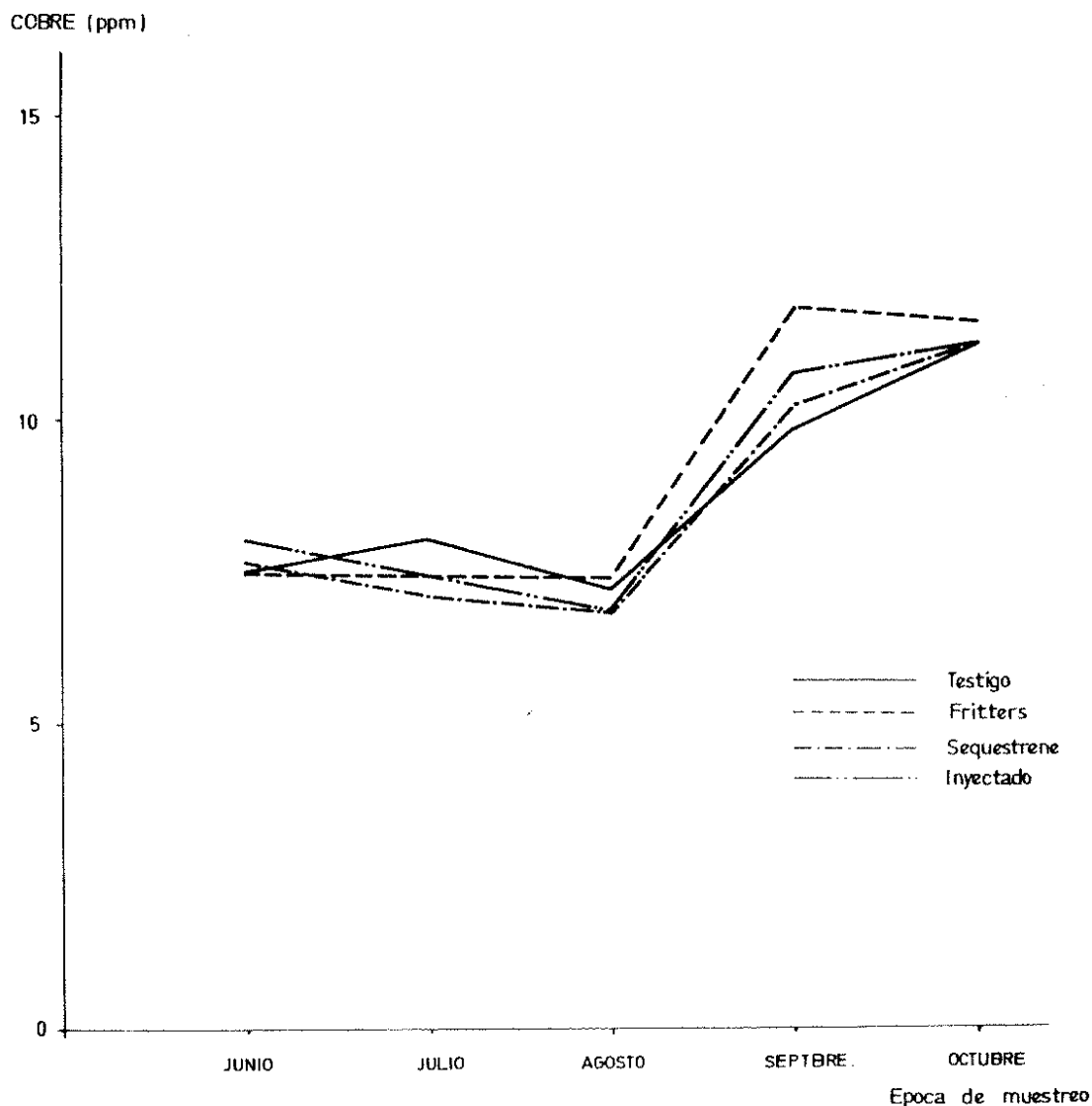


FIG. 9. Evolución del contenido de cobre en hoja.

CUADRO 3.— Alimentación global y equilibrios nutritivos (N-P-K).

Tratamiento	Alimentación global N + P + K	Equilibrio nutritivo N : P : K
Testigo	8,06	61 : 3 : 36
Adición fritters	8,06	61 : 3 : 36
Adición quelato	6,84	68 : 3 : 29
Inyección sólida	6,45	68 : 4 : 28

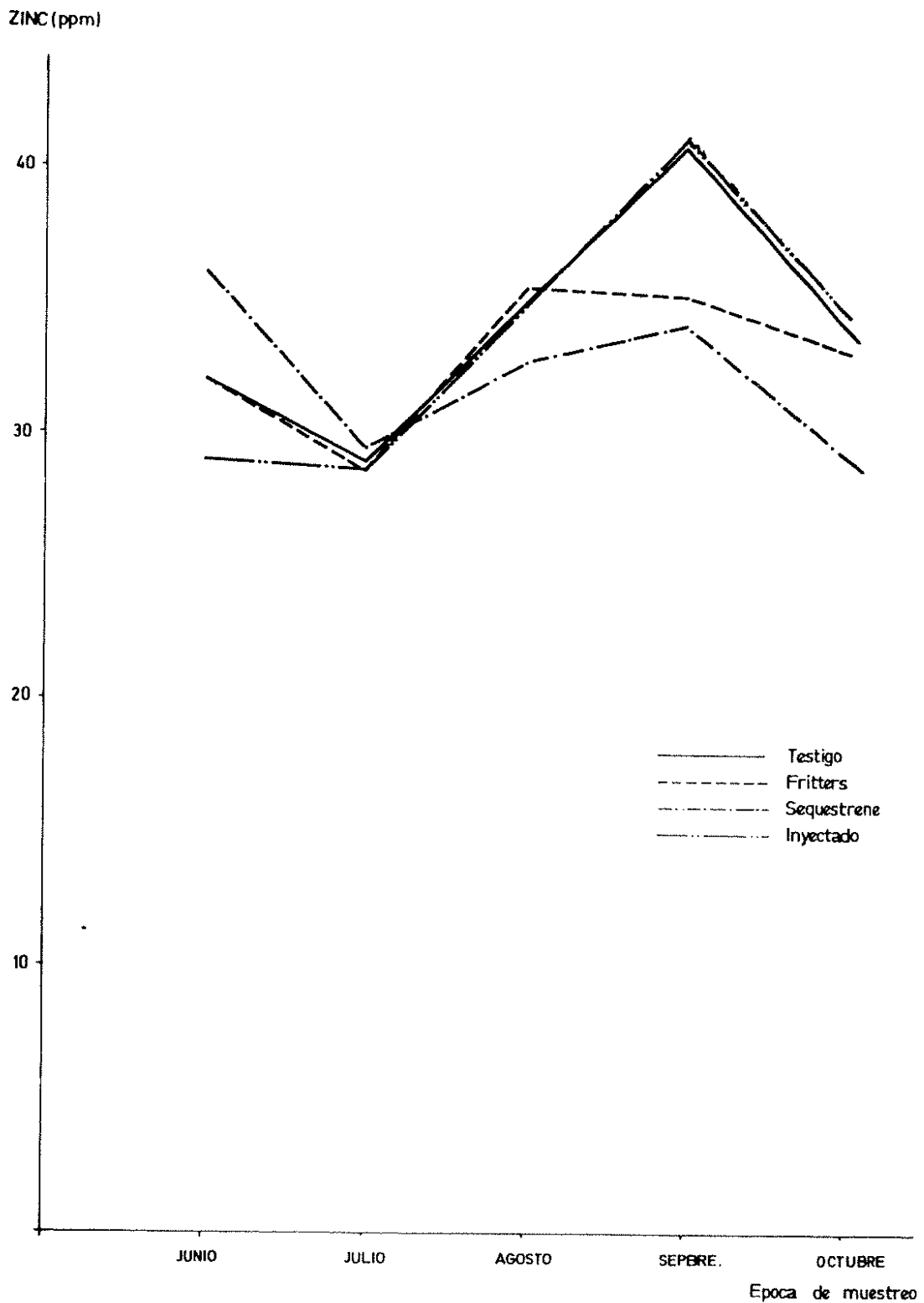


FIG. 10. Evolución del contenido de zinc en hoja.



CUADRO 4.— Alimentación global y equilibrios nutritivos (K-Ca-Mg).

<i>Tratamiento</i>	<i>Alimentación global K + Ca + Mg</i>	<i>Equilibrio nutritivo K : Ca : Mg</i>
Testigo	4,50	65 : 21 : 14
Adición fritters	4,41	65 : 21 : 14
Adición quelato	3,29	38 : 25 : 17
Inyección sólida	3,16	56 : 25 : 17

el material enverdecido muestra una tendencia a presentar contenidos de nitrógeno inferiores a los del clorótico. Estos resultados son, en parte, concordantes con los expresados por FICHERA (1968). Efectivamente, este investigador encuentra que el material deficiente de hierro se caracteriza por una mayor alimentación global. El desequilibrio nutritivo encontrado por este autor fue debido a un exceso de nitrógeno y a un defecto de fósforo, en tanto que, en nuestro caso, como ya se ha indicado anteriormente, es debido a un exceso de potasio en perjuicio del nitrógeno.

Calculando la alimentación global y equilibrios nutritivos teniendo en cuenta los contenidos de potasio, calcio y magnesio se obtienen los valores que figuran en el cuadro 4.

Puede apreciarse en este cuadro que el material clorótico se caracteriza también, por una mayor alimentación global y por un desequilibrio nutritivo favorable al potasio y en perjuicio de los otros dos macronutrientes considerados.

#### III.4. Relaciones nutritivas

Para el estudio de las relaciones nutritivas se tienen en cuenta, igualmente, los resultados obtenidos en el muestreo de material vegetal realizado en el mes de agosto.

##### *Relaciones potasio/calcio*

Los valores encontrados para esta relación figuran a continuación:

Testigo	3,05
Fritters	3,04
Adición quelato	2,10
Inyección sólida	2,28

Como puede observarse el material deficiente en hierro se caracteriza por un mayor valor de la relación potasio/calcio, lo cual concuerda con lo señalado en la bibliografía (GILE y CARRERO, 1920; LINDNER y HARLEY, 1944, y THORNE *et al.*, 1950) y es una consecuencia del mayor contenido de potasio del citado material.

El descenso de la relación como consecuencia de la recuperación es debido al tratamiento, al originar una notable disminución del contenido de potasio, manifestada en el material enverdecido.

#### *Relación fósforo/hierro*

Aunque según DEKOCK (1955) la relación P/Fe es un índice del estado de hierro en la planta, en nuestro caso no hay diferencia entre los materiales estudiados, como puede observarse en los valores que se indican a continuación:

Testigo	0,297
Adición fritters	0,301
Adición quelato	0,273
Inyección sólida	0,301

#### III.5. *Rendimiento*

Como dato para evaluar los efectos de los tratamientos sobre la producción se dispuso únicamente de la cosecha correspondiente al año siguiente de realizarse aquellos. Sin embargo, teniendo en cuenta que, de acuerdo con el comportamiento fisiológico del melocotonero, los efectos de cualquier nueva situación sobre la producción no pueden manifestarse antes del año siguiente a que ésta suceda, puede considerarse aquel dato como válido, para una estimación de la incidencia de los tres métodos de corrección de la clorosis sobre el rendimiento.

Como índice de cosecha se tomó el número de frutos producidos por cada uno de los árboles sometidos a experimentación, dato que figura en el cuadro 5.

Ante estos resultados queda bien patente la positiva influencia de los métodos que produjeron una recuperación de los árboles afectados por la clorosis (inyección y sequestrene) sobre el número de frutos obtenidos, puesto que si se eliminasen el árbol número 1 del bloque testigo y el número 7 del bloque tratado por fritters,

CUADRO 5.—Número de frutos por árbol recogidos en el ensayo.

Arbol	Testigo	Inyectado	Sequestrene	Fritters
1	15	50	0	0
2	0	7	15	0
3	1	54	16	1
4	2	104	37	0
5	0	16	14	0
6	0	26	19	6
7	2	69	37	23
8	1	45	13	1
9	2	47	13	0
10	—	29	29	0
Total	23	447	193	31
Media aproxim.	2/3	44/45	19/20	3/4

habría que considerar como nula la cosecha de los árboles no recuperados. Por otro lado parece como más efectiva la inyección que el aporte de quelatos al suelo, aunque para que estas conclusiones pudieran establecerse como definitivas sería preciso un más detallado y amplio planteamiento experimental.

## RESUMEN

En el presente trabajo se estudia el efecto de tres tratamientos en la corrección de la clorosis férrica de melocotonero (variedad «local»). Se estudia también la repercusión de estos tratamientos en la evolución y contenido de nutrientes minerales en hoja, en los equilibrios y relaciones nutritivas y en el rendimiento. Se evidencia la eficacia de la aplicación al suelo de un quelato de hierro y de la inyección sólida de sulfato ferroso. No se corrige la clorosis con el aporte al suelo de compuestos de hierro fritados.

La evolución de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu y Zn en hoja no se vio afectada por la recuperación de los árboles.

Los contenidos de N, K, Ca, Mg y Mn son más elevados en el material no recuperado que en las hojas enverdecidas por los tratamientos, si bien el de nitrógeno tiende a ser similar al final del ciclo. Similares son, igualmente, los contenidos de P, Fe, Cu y Zn.

En el material clorótico es mayor el valor de la alimentación global (N + P + K y K + Ca + Mg) y se evidencia un desequilibrio nutritivo a favor del potasio. Además la recuperación de la clorosis provoca un descenso de la relación K/Ca mientras que parece no afectar a la relación P/Fe.

Por último, la corrección de la clorosis se traduce en una mejora de la producción.

## REFERENCIAS

- ABADÍA, A.  
1956 La formación de clorofila en casos de deficiencia inducida de hierro. *An. Aula Dei*, 4 (3/4): 213-61.
- BATJER, L. P. and WESTWOOD, M. N.  
1958 Seasonal trends of several nutrient elements in leaves and fruits of Elberta peach. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.* 71: 116-26.
- BROWN, J. C.  
1956 Iron chlorosis. *An. Rev. Plant Physiol.* 7: 171-90.
- CARPENA, O.; LORENTE, S. y ALCARAZ, C.  
1969 Fluctuaciones estacionales de nitrógeno, fósforo y potasio en limoneros normales y cloróticos. *An. Edaf. y Agrobiol.* 28 (1/2): 49-62.
- CHAPMAN, G. W.  
1931 The relation of iron and manganese to chlorosis in plants. *New Phytol.* 30: 266-83.
- DEKOCK, P. C.  
1955 Iron nutrition of plant at high pH. *Soil Sci.* 79 (3): 167-76.
- DEKOCK, P. C.; HALL, A.; INSKON, R. H. E.; LITTE, R. C. and WORTH, R. R.  
1974 A study of iron chlorosis in pear leaves. *An. Edaf. Agrob.* 33 (1/2): 101-08.
- DÍEZ ALTARES, M. C.  
1959 Fotodescomposición de clorofila en casos de deficiencia de hierro. *An. Aula Dei*, 6: 1-80.
- EGEA, L.; CARPENA, O., y BERENQUER, T.  
1972 Nutrición mineral en Prunus. I. Melocotonero. *An. Edaf. Agrob.* 31 (3/4): 268-88.
- FICHERA, P.  
1968 La chlorosi ferrica da calcare nei terreni agrumetati della Sicilia Orientale. II. Aspetti nutrizionali. *Agroch.* 12 (6): 522-30.
- GILE Y CARRERO.  
1920 Cause lime-induced chlorosis and availability of iron in the soil. *Jour. Agr. Res.* 20: 33-62.
- HERAS, L.  
1961 Potencial de óxido reducción en clorosis férrica inducida. *An. Aula Dei*, 6: 136-65.
- HERAS, L.; MONTAÑÉS, L. y ABADÍA, A.  
1971 Importancia del contenido de agua en la interpretación de los resultados en el fenómeno de clorosis de hierro. *An. Aula Dei*, 11 (1/2): 47-50.

- HOLMES, R. S. and BOWN, J. C.  
1957 Iron and soil fertility U.S.D.A. Year-book: Soils: 111-15.
- ILJIN  
1952 Metabolism of plants affected with lime-induced chlorosis (calciose). III. Mineral elements. *Plant and Soil*, **4**: 11-28.
- LEE, D. R.; CRADOCK, F. W. and CARTER, O. G.  
1971 Development of leaf nutrient concentration standards for peach trees in New South Wales. *J. Hort. Sci.*, **46** (2): 163-75.
- LINDNER, R. C. and HARLEY, P. C.  
1944 Lime-induced chlorosis. *Plant Physiol.*, **19** (3): 420-39.
- LITTLE, R. C.  
1971 Bull. Minist. Agric. Fish. Fd.: 21-45. En DEKOCK et al (1974).
- MCCLUNG, A. G. and LOTT, W. T.  
1956 Mineral nutrient composition of a peach leaves as affected by leaf age and position on the presence of a fruit crop. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **67**: 113-20.
- MONTAÑÉS, L.; ABADÍA, A. y HERAS, L.  
1972 Composición de la alfalfa (*Medicago sativa* L.) a lo largo del ciclo de explotación. *An. Aula Dei* **11** (3/4): 357-65.
- PIPER, C. S.  
1950 Soil and Plant Analysis. Univ. of Adelaida.
- ROGERS, C. H. and SHIVE, J. W.  
1932 *Plant Physiol.*, **7**: 227-52. En BROWN, J. C. *Adv. in Agronomy*, **13**: 329-83.
- ROSS, M.  
1938 Sulphate and nitrate reduction and oxidation reduction potential with iron deficiency in higher plants. *Bodenk. u. Pflanzenernähr*, **8**: 100-28.
- SOMMER, I. I. and SHIVE, J. W.  
1942 The iron manganese relation in plant metabolism. *Plant Physiol.*, **17**: 582-602.
- THORNE, D. W. and WALLACE, A.  
1944 Some factors affecting chlorosis on high-lime soil. I. Ferrous and ferric iron. *Soil Sci.*, **57**: 292-312.
- THORNE, D. W.; WANN, F. B. and ROBINSON, W.  
1950 Hypothesis concerning lime-induced chlorosis. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **15**: 254-58.
- UNITED STATES SALINITY LABORATORY  
1953 Diagnosis and improvement of saline and alkaly soils. *Agricultural Handbook n.º 60*. United States Department of Agriculture. Riverside, California.
- WALLACE, A.  
1928 *J. Pomol. Hort. Sci.*, **7**: 172-83. En BROWN, J. C. (1961): Iron chlorosis in plants. *Adv. in Agron.*, **13**: 329-66.
- WALLACE, A. and LUNT, O. R.  
1960 Iron chlorosis in horticultural plants. A review. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci.*, **57**: 819-41.
- WALLACE, A. and MUELLER, R. T.  
1972 Resistance of rough lemon and trifoliolate seedlings to high levels of iron chelates. *Hort. Sci.* **7** (2): 121-22.
- WALLIHAN, E. F.  
1955 Relation of chlorosis to concentration of iron in citrus leaves. *Amer. Jour. of Bot.*, **42** (2): 101-04.