

Determinaciones de las necesidades nutritivas de los Citrus en experiencias de campo

Hierro

POR EL

Dr. OCTAVIO CARPENA ARTES

OBJETO

Un método muy generalizado para definir el estado de nutrición de las plantas y en especial las deficiencias minerales, consiste en la determinación del contenido foliar de los bioelementos y su comparación con niveles tipo previamente establecidos; pero la dificultad reside en establecer estos niveles, máxime cuando no se trata de situaciones extremas. Ello exige el diagnóstico correcto del estado carencial y la elección de técnicas adecuadas de muestreo y análisis.

Es corriente tratar de conseguir estos objetivos mediante experiencias a escala laboratorio, con disoluciones controladas. En tales circunstancias, puede medirse con bastante exactitud a qué concentración del medio se manifiesta la deficiencia y el contenido correspondiente en la hoja. Pero es evidente que semejante técnica, de indudable interés científico, adolece de un claro defecto: el de su escasa aplicación práctica. Efectivamente, las plantas se encuentran de esta forma en condiciones artificiosas; factores como aireación natural, temperatura del suelo, humedad y cantidad de nutrientes suministrados a través de la superficie, influyen en la absorción



de iones por las raíces y no pueden preverse en su totalidad con cultivos en vasos de vegetación, sobre todo en árboles que, como los Citrus adultos, tienen sistemas radiculares profundos y extensos.

Si a las dificultades expuestas, sumamos la actividad microbiológica del suelo y el impacto de las operaciones de cultivo, es fácil comprender que las plantas se encuentran en el campo en forma muy diferente; y a fin de cuentas, cualquier procedimiento tendrá tanto más valor cuanto más se acerque a las condiciones naturales en que aquéllas se desenvuelven.

Pero no son éstas las únicas razones por lo que en determinadas especies no es conveniente la técnica clásica; existe otra aun más importante, el carácter dinámico de la hoja. Evidentemente, la determinación en un instante dado no puede generalizarse.

Después de numerosas experiencias, hemos llegado a la conclusión que las necesidades nutritivas de los Citrus pueden investigarse de una manera más correcta a través del estudio en campo de ciclos vegetativos anuales. Y creemos que en el futuro podremos relacionar la cosecha con unos índices nutritivos, basados en la evolución anual de los contenidos foliares.

En este trabajo, continuación de otros (3, 4, 5, 7, 8, 9, 22) y muy especialmente de nuestra segunda tesis doctoral (10), tratamos de establecer de manera definitiva los dinteles de hierro en limoneros Verna fisiológicamente normales y afectados de clorosis férrica. A tal fin, hemos realizado dos amplias experiencias en áreas típicamente citrícolas del Sureste español, bastante alejadas de la estudiada con anterioridad (10), con el deseo de incluir todas las variaciones posibles de aquellos factores externos a la planta, tales como suelo, microclima, etc. En las parcelas elegidas, se da la presencia simultánea de árboles normales y deficientes.

ANTECEDENTES

El establecimiento de las relaciones existentes entre la absorción mineral de las plantas y su producción, es un objetivo principal de la investigación agrícola. Por ello, diagnosticar las deficiencias o excesos de nutrientes y pronosticar las necesidades de los cultivos por medio de su análisis químico, han sido las esperanzas de los científicos durante muchos años.

Liebig, en 1840 (17), fue el primero en asociar la composición de la materia vegetal con la fertilidad del suelo aunque ya mucho antes se practicaba el análisis de las plantas con el fin de conocer sus necesidades cualitativas—, y enunció su célebre «Ley de Restitución», según la cual, para conservar aquélla, necesariamente hay que devolver en forma de fertilizantes las cantidades de nutrientes sustraídas por las cosechas. En este período, los investigadores utilizaron el análisis de las plantas casi exclusivamente como un método para valorar la fertilidad del suelo.

Fue en 1924, cuando empezó a emplearse el análisis de la hoja no sólo con estas miras, sino con el doble aspecto de establecer los niveles óptimos de nutrientes que determinan un desarrollo normal, y los contenidos foliares para los que la planta comienza a mostrar síntomas de deficiencia. La originalidad de este nuevo método, denominado «Diagnosis foliar» (19), estriba, según sus autores, en la observación continua de un órgano en actividad, más concretamente de la hoja, en vez del análisis de la planta entera.

La elección de este órgano vegetal representó un avance extraordinario, ya que las concentraciones de nutrientes en la hoja influyen tanto en el proceso fotosintético que se verifica en su interior como en las condiciones que determinan el vigor y la producción.

Una evidencia del valor de este método nos la proporcionan las fórmulas de Ulrich (36), al interpretar las diferencias esenciales entre el clásico análisis de suelo y el nuevo concepto del análisis foliar. Según él, siguiendo al primero, la concentración de bioelementos en la planta sólo es función del suelo; por el contrario, para la diagnosis foliar, se acepta que los

niveles de elementos minerales en la hoja vienen determinados, además del suelo, por el clima, agua, cultivo, aire, etc.

La teoría del análisis foliar ha sido considerablemente completada con la introducción de los conceptos «Porcentajes críticos de nutrientes» (23) y «Balance nutriente» (31). El primero establece que para el mejor desarrollo de cualquier especie vegetal, se requiere una concentración determinada de cada elemento nutritivo; cantidades superiores ocasionan un consumo excesivo por la planta, sin que esto se traduzca en mayor desarrollo y producción; en cambio, valores por debajo del nivel crítico significan un estado deficitario.

La necesidad de tener en cuenta la influencia que diversos elementos pueden ejercer sobre el nivel foliar de uno dado, motivó el establecimiento del «Balance nutriente», que considera la proporción existente en los tejidos de la planta de los elementos que la nutren.

De acuerdo con lo expuesto, se reconoce que la nutrición vegetal es función de dos variables: Intensidad y Balance. La intensidad es un índice de la concentración total en la hoja de todos los elementos esenciales, mientras que el balance nos indica sus proporciones relativas.

Es claro que el máximo desarrollo y producción se obtendrán al coincidir la intensidad y balance óptimos. Sin embargo, la aplicación de estas ideas tropieza con dificultades considerables de orden práctico, motivadas por la enorme complejidad de las relaciones entre todos los nutrientes y el escaso conocimiento que todavía se tiene de las funciones que cada uno desempeña en la planta.

En resumen, el estudio de la nutrición vegetal comprende tres objetivos principales: 1.º Determinación de los elementos indispensables para el desarrollo de la planta. 2.º Conocimiento de los síntomas de deficiencia provocados por la ausencia o escasez de uno o varios de ellos. 3.º Establecimiento del equilibrio nutritivo óptimo.

En dos directrices pueden agruparse los distintos métodos que se han seguido en la investigación de estos problemas: Estudios en condiciones artificiales, preferentemente realizados por fisiólogos, y experiencias de campo, más apreciadas por los químicos agrícolas, donde las condiciones de trabajo se corresponden más estrechamente con las de la planta en su clímax habitual.

Cultivos en disoluciones nutritivas

La técnica consiste en desarrollar plantas con su sistema radicular sumergido en la disolución, o en arena regada con ésta. En el primer caso,

se hace necesario airear el medio, para que las raíces puedan disponer del oxígeno indispensable a sus actividades respiratorias.

El cultivo en arena, más generalizado, no requiere esta precaución; pero presenta un grave inconveniente en trabajos con oligoelementos, por las dificultades que entraña su necesaria purificación.

El método descrito, ayudado especialmente de la Radioquímica, ha permitido avanzar en el conocimiento de cuestiones importantes, como la absorción, circulación e interacción de nutrientes. Sin embargo, no pocos de sus resultados deben ser interpretados con prudencia, dado que —como ya hemos apuntado—, las condiciones experimentales son diferentes por lo general de las que existen en el medio natural.

Experiencias de campo

Durante largo tiempo, este tipo de trabajo se ha limitado a determinar si una operación dada presenta ventajas económicas evidentes sobre la técnica habitual. Mientras que se ampliaban los conocimientos de la Fisiología Vegetal y las relaciones entre planta y suelo, los químicos agrícolas desarrollaban la experimentación de campo sobre las bases del cálculo estadístico. Este instrumento matemático, mejor que cualquier otro, ha permitido mostrar la importancia del equilibrio nutritivo de la planta.

Es cierto que una experiencia de campo aislada tiene escaso valor y debe ser repetida durante años, si se quieren deducir conclusiones útiles; pero de todas maneras constituyen necesariamente el último término de toda investigación agronómica.

No obstante, es posible acelerar la consecución de resultados, siguiendo un método mixto. Se utilizan entonces vasos de vegetación y como medio el mismo suelo, con la ventaja de controlar más eficazmente numerosos factores cuya variabilidad complica los resultados en campo. En particular, se puede asegurar la homogeneidad del medio, el mantenimiento de la humedad a un nivel definido, una misma densidad de plantación por unidad de superficie, etc. Se trata pues de un procedimiento cómodo y especialmente adaptado a ciertas investigaciones, como la influencia de un factor determinado sobre el desarrollo de la planta.

En 1953, aplicando esta técnica a naranjos jóvenes, pudo establecerse (32) una relación definida entre la composición mineral de la hoja y el desarrollo vegetativo, cosecha y calidad del fruto, en pleno acuerdo con los resultados conseguidos en una experiencia de campo paralela.

En nuestro caso particular, el método mixto ofrece pocas posibilidades, por tratarse de árboles adultos de porte considerable y, consecuentemente, con extensos sistemas radiculares.

La experimentación de campo con frutales en fase productiva, sobre ser el único medio que permite estudiar conjuntamente poblaciones grandes, ha proporcionado también en el análisis foliar información de interés. Finalmente, si los resultados así obtenidos son significativos a nivel suficiente, se alcanzará más valor práctico en razón al mayor número de factores incluidos en la experiencia.

NIVELES FOLIARES

Son muy numerosos los estudios realizados hasta el presente para establecer los niveles críticos de nutrientes en hojas (3, 13, 28), observándose con frecuencia resultados no congruentes. Así, en el caso del hierro, Leeper (20) y De Kock (14), han encontrado en hojas cloróticas tanto o más hierro que en normales; y Oserkowsky y Tryman (27, 35), no han podido establecer relaciones entre los niveles foliares de hierro y el grado de clorosis.

En 1949, sobre hojas de edad conocida, Chapman propuso para Citrus (12), tres rangos de valores que pretendían caracterizar los estados nutritivos:

- 1.º Deficiencia.
- 2.º Normalidad.
- 3.º Exceso o toxicidad.

Concretamente, en lo que se refiere al hierro en Naranja Navel, con hojas de 3 a 7 meses de edad del ciclo de Primavera, tomadas de brotes fructíferos, obtuvo los siguientes niveles expresados en p.p.m. de materia vegetal seca:

NORMALIDAD			
Posible deficiencia	Rango	Media probable	Exceso en el bal. nutrien.
Menor de 50	70-200	120	?

Este mismo autor, encontró previamente valores de 20 p.p.m. para estados cloróticos de Limonero Eureka (11).

En 1954, Reuther (29) atendiendo al rendimiento y calidad del fruto, estableció las categorías siguientes:

- 1.ª Deficiente
- 2.ª Baja.
- 3.ª Óptima
- 4.ª Alta
- 5.ª Exceso



Para el caso de naranjo, tomando hojas comprendidas entre los 4 y 7 meses de edad, de brotes no fructíferos, obtuvo:

Elemento considerado	Base de materia seca	R A N G O				
		Deficiente	Bajo	Optimo	Alto	Exceso
Hierro	p.p.m.	35	35-59	60-120	130-200	250 ?

No es posible comparar los datos de ambos grupos de investigación, ya que son completamente diferentes los criterios seguidos en el muestreo e interpretación de resultados.

Pero no son solamente éstas las discrepancias que se observan al consultar la bibliografía.

Wallihan en 1955 (37), comunica los siguientes valores para *Citrus en general*:

Extremadamente cloróticos	Clorosis moderada	No cloróticos
16-33 p.p.m.	24-68 p.p.m.	43-137 p.p.m.

clasificación un poco confusa ya de por sí, al generalizar en un tema tan específico.

Nosotros, en 1957 (3), sobre limoneros Verna, cultivados en distintas zonas de la provincia de Murcia, encontramos los valores siguientes, para hojas de 6 a 10 meses:

Hoja normal	Hoja clorótica tipo medio	Hoja totalmente clorótica
113-149	44-67	20-47

Expresados en p.p.m. de hierro sobre materia vegetal seca.

De Villiers y otros (15), en 1958, con Naranjo Valencia y Navel, escogiendo hojas de 10 meses de edad, de brotes primaverales fructíferos, hallaron:

Bajo	Satisfactorio
50-80 p.p.m.	80-300 p.p.m.

Las ventajas que podrían obtenerse con una universalización de métodos, se vislumbran al observar que Bathurst (15), que inició en cierto modo la técnica anterior, había obtenido resultados prácticamente idénticos:

Bajo	Satisfactorio	Alto
80 p.p.m.	80-300 p.p.m.	300 p.p.m.

Desgraciadamente, cada investigador ha seguido su propio camino, sin pretender crear una ruta común que pudiese hacer comparables los valores de cada zona citrícola. Así, Kuykendall (18) estima bajos los niveles de 60 p.p.m.; Leonard (21) define como árboles medianamente cloróticos los que contienen en hoja alrededor de 55 p.p.m., etc.

Finalmente, como prueba de la falta de unidad de criterio en este problema, se han propuesto otros índices para definir el estado del hierro en la planta, entre los que figuran las relaciones fósforo/hierro (14) y la hierro/nitrógeno (24).

Aun teniendo en cuenta que los resultados descritos, puedan ser afectados por errores relativos al lavado, ataque y análisis de la muestra, estimamos deben considerarse otros dos aspectos importantes, si se quiere alcanzar una normalización conveniente.

El primero se refiere a la selección del material foliar para análisis. Los criterios de selección más aceptados para los Citrus se indican seguidamente:

País	Autores	Edad hoja meses	Variedad	Año	Naturaleza rama escog.
U.S.A.	Chapman (12)	3-7	Nar. Navel	1949	Ciclo primav. Fructífera
	Chapman (11)	3-6	Lim. Eureka	1939	»
	Reuther y Smith (29)	4-7	Naranja	1954	No fructífera C.P.
Africa Sur	Bathurst (1)	9-10	Nar. Valencia y Navel	1944	Fructífera C. Primavera
	De Villiers y Beyers (16)	5-10	» »	1961	» »
	Steyn (34)	9-10	Nar. Navel	1961	» »
Israel	Oppenheimer (26)	9-10	Naranja	1944	Orientación Norte
Italia	Russo F. (30)	6-7	Naranja	1962	No fructífera
España	Carpena y Col. (2)	6-10	Lim. Verna	1957	Periférica

Ahora bien, en plantas de gran actividad, el limonero por ejemplo, cualquiera de las muestras tomadas de esta forma puede no ser representativa, según el momento del ciclo anual, dado que la composición mineral de la hoja responde a un estado verdaderamente dinámico, y es presumible de antemano que sus fluctuaciones no sean del mismo orden para los distintos períodos estacionales.

Por otra parte, la relación hoja joven/hoja adulta, es decir, la de 3-4 meses a la de 6-7, no es la misma en cada época del año.

Si además de lo expuesto, tenemos en cuenta que los niveles en hoja de algunos nutrientes aumentan con la edad de aquélla, es claro que este procedimiento de toma de muestra no es suficientemente representativo.

La segunda cuestión, estriba en considerar más profundamente la evolución estacional de los contenidos foliares. De acuerdo con lo apuntado en páginas anteriores y que ya sugerimos en otro trabajo «nos parece más correcto aceptar que el nivel foliar de cualquier nutriente, para un instante dado, viene definido por la diferencia entre la cantidad que ha llegado a la hoja y la que desde allí fue transportada a otros órganos de la planta. Y puesto que los procesos de absorción y emigración tienen intensidades diferentes para cada especie, según el momento de su ciclo vegetativo, es lógico que no podrán referirse los resultados analíticos de una época a los de otra. Al desestimarse estas ideas por otros investigadores, se explica la falta de coincidencia en los resultados» (10).

Por todo lo indicado, estimamos que para establecer correctamente el nivel nutritivo del hierro en la hoja, así como sus posibles relaciones con otros nutrientes, se precisa el estudio completo de la evolución foliar en árboles normales y cloróticos de la misma edad, y bajo condiciones similares de suelo, fertilización y cultivo.

En el estudio experimental que a continuación exponemos, se ha seguido la técnica de toma de muestra propuesta ya por nosotros (10), por considerarla la más idónea para determinar el estado nutritivo real de la planta.

PARTE EXPERIMENTAL

CARACTERÍSTICAS DE LAS PARCELAS

Situación

La parcela n.º 1 está localizada en el término de Císcar (Murcia), casi en el límite de la provincia de Alicante, y la n.º 2 al Sur de Santomera. Ambas corresponden a la zona limonera lateral izquierda de la Vega del Segura, estudiada por nosotros en otra ocasión (6).

Tipología de suelos

De formación aluvial, tipo Vega, de color pardo, sin grava, de textura limo-arenosa (ver perfiles I y II y análisis correspondientes).

Los contenidos de materia orgánica, nitrógeno total, y los de fósforo y potasio asimilables, son muy bajos, decreciendo fuertemente los dos primeros al descender en los perfiles.

Con capacidad de cationes media y muy calizos; los de Santomera presentan niveles superiores de este constituyente y de hierro ferroso.

No se aprecia salinidad nociva.

PERFIL I

Situación: Císcar, Km. 16, Carretera Murcia Alicante.
 Altitud: 30 m.
 Topografía: Llano.
 Geología: Aluvial. (Holoceno).
 Drenaje: Bueno.
 Tipo de suelo: Vega parda, caliza.

Horizonte	Profundidad cm.	Descripción
Ap	0-20	Color pardo 10YR 5/3. Textura Limo-arenosa. Estructura subangular. Muy calizo.
(B)	20-50	Color pardo amarillento 10YR 5/4. Textura limosa. Estructura subangular. Fuertemente calizo. Buena penetrabilidad a las raíces.
C	50-100	Color pardo pálido, 10YR 6/3. Textura Limo-arenosa. Estructura subangular.

ANÁLISIS DEL PERFIL I

	Profundidad en centímetros			
	0 - 20	20 - 50	50 - 100	
ANÁLISIS MECÁNICO				
Elementos gruesos	%	0,00	0,00	0,00
Elementos finos	%	100,00	100,00	100,00
Arena gruesa	%	0,40	0,80	3,20
Arena fina	%	55,20	50,80	51,80
Limo	%	32,40	34,80	32,00
Arcilla	%	10,66	12,72	12,40
Textura		Lim.-Ar.	Limo	Lim.-Ar.

ANÁLISIS QUÍMICO FÍSICO

C. Cambio total meq.	%	18,75	17,50	15,00
pH _s (H ₂ O)		7,75	7,85	7,80
pH _s (ClK)		7,25	7,30	7,30
EC _s (μmho. cm ⁻¹)		675	449	629

ANALISIS QUIMICO

Carbonato cálcico total	%	44,5	58,0	57,5
Carbonato cálcico activo	%	20,0	14,5	17,0
Carbono total	%	0,78	0,51	0,35
Materia orgánica	%	1,34	0,88	0,60
Nitrógeno total	%	0,090	0,072	0,042
C/N		8,7	7,1	8,3
Fósforo asimilable	p.p.m.	4	8	12
Potasio asimilable meq.	%	0,82	0,62	0,48
Calcio asimilable meq.	%	56,00	54,40	49,60
Magnesio asimilable meq.	%	6,80	4,40	7,20
Sodio asimilable	meq. %	1,20	1,20	1,60
Hierro total	mgs. 100 g.	1.252	1.252	1.238
Hierro ferroso	mgs. 100 g.	20,02	13,36	13,36
Hierro asimilable	mgs. 100 g.	0,28	0,42	0,28
Cloruros (Cl ⁻)	p.p.m.	98	71	133
Sulfato cálcico	p.p.m.	1.545	689	1.339
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	mgs. 100 g.	35	33	30

PERFIL II

- Situación : Inmediación Sur de Santomera, lindando con la carretera de Murcia - Alicante.
- Altitud : 35 m.
- Topografía : Llano.
- Geología : Holoceno.
- Drenaje : Interno y externo, buenos.
- Tipo de suelo : Vega parda caliza.

Horizonte	Profundidad cm.	Descripción
Ap	0-20	Color pardo 10YR x 5/3. Textura limosa. Estructura débil subangular. Muy calizo. Apreciable concentración de sulfato cálcico.
C ₁	30-70	Textura limo-arenosa. Regular permeabilidad al agua. Disminución de sulfato cálcico.
C ₂	70-120	Textura limo-arenosa. Decrecimiento de sulfato cálcico. Incremento de caliza.



ANALISIS DEL PERFIL II

	Profundidad en centímetros			
	0 - 20	20 - 50	50 - 100	
ANALISIS MECANICO				
Elementos gruesos	%	0,00	0,00	0,00
Elementos finos	%	100,00	100,00	100,00
Arena gruesa	%	6,80	1,20	4,40
Arena fina	%	44,80	64,60	66,60
Limo	%	32,80	19,80	13,60
Arcilla	%	13,79	13,87	14,93
Textura		Limo	Lim.-Ar.	Lim.-Ar.
ANALISIS QUIMICO-FISICO				
Capacidad de cambio total	%	16,25	10,62	13,75
pH _s (H ₂ O)		7,75	7,95	8,00
pH _s (ClK)		7,40	7,25	7,20
EC _s μmho. cm ⁻¹		806	369	530
ANALISIS QUIMICO				
Carbonato cálcico total	%	52,0	52,5	56,5
Carbonato cálcico activo	%	20,0	20,5	22,5
Carbono total	%	1,05	0,31	0,27
Materia orgánica	%	1,81	0,53	0,47
Nitrógeno total	%	0,091	0,024	0,022
C/N		11,5	12,9	12,3
Fósforo asimilable	p.p.m.	6	2	4
Potasio asimilable	meq. %	0,68	0,58	0,34
Calcio asimilable	»	48,40	49,20	49,60
Magnesio asimilable	»	4,40	5,60	4,00
Sodio asimilable	»	0,60	0,74	0,94
Hierro total	mgs. 100 g.	2.021	1.954	1.658
Hierro ferroso	mgs. 100 g.	230	235	218
Hierro asimilable	mgs. 100 g.	1,01	0,90	0,75
Cloruros (Cl ⁻)	p.p.m.	80	80	134
Sulfato cálcico	p.p.m.	3.091	1.374	893
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	mgs. 100 g.	28	25	23

FERTILIDAD

La toma de muestra de la capa arable se efectuó por separado en las zonas de goteo de árboles normales y cloróticos. Los resultados de ambos grupos para cada parcela se indican en la tabla I

Los suelos correspondientes a árboles cloróticos son fuertemente calizos, en el límite superior de los ligeramente salinos, con capacidad de cambio de cationes media y poder clorosante muy elevado. Pobres en fósforo asimilable y de contenido medio en materia orgánica, nitrógeno, potasio y magnesio asimilable, cloruros y sulfato cálcico; y muy elevado en calcio asimilable.

Los árboles normales de ambas parcelas vegetan en suelos de muy parecidas características a los anteriores, si bien muestran menos salinidad y mayor capacidad de cationes de cambio. También son más bajos los niveles de carbonatos activos, cloruro y sulfato cálcico.

De las diferencias apuntadas no pueden deducirse motivos esenciales que justifiquen la clorosis existente. En un trabajo anterior examinamos con más detalle este aspecto (10, pág. 63).

TABLA I

ANÁLISIS DEL SUELO

		Con árboles normales		Con árboles deficientes	
		Císcar	Santomera	Císcar	Santomera
ANÁLISIS MECANICO					
Elementos gruesos	%	0,00	13,69	0,00	0,00
Elementos finos	%	100,00	86,31	100,00	100,00
Arena gruesa	%	2,50	10,20	1,80	6,60
Arena fina	%	61,40	44,50	67,00	47,20
Limo	%	28,30	30,60	24,00	31,50
Arcilla	%	5,38	12,54	5,64	12,02
Textura		Lim.-Ar	Lim. Ar.	Lim.-Ar.	Lim.-Ar.

ANALISIS QUIMICO-FISICO

Capacidad de cambio total	%	23,12	19,37	17,50	17,50
pH _s (H ₂ O)		7,82	7,50	7,77	7,77
pH _s (ClK)		7,65	7,20	7,52	7,42
EC _s μ mho. cm ⁻¹		599	725	1.078	1.953

ANALISIS QUIMICO

Carbonato cálcico total	%	61,00	48,25	58,00	53,25
Carbonato cálcico activo	%	19,12	17,63	20,65	22,25
Carbono total	%	1,04	1,75	1,25	1,55
Materia orgánica	%	1,79	2,15	2,16	2,67
Nitrógeno total	%	0,087	0,155	0,129	0,124
C/N		11,20	8,00	9,90	12,40
Fósforo asimilable	p.p.m.	7	5	2	6
Potasio asimilable	meq. %	0,98	0,63	1,07	0,81
Calcio asimilable	meq. %	46,20	31,60	43,22	49,20
Magnesio asimilable	meq. %	5,20	5,00	5,20	4,40
Sodio asimilable	meq. %	1,14	0,72	1,48	0,75
Hierro total	mgs. 100 g.	1.221	1.766	1.213	1.581
Hierro ferroso	» 100 g.	15,58	252,00	21,14	163,26
Hierro asimilable	» 100 g.	0,56	1,80	1,67	1,27
Cloruros (Cl ⁻)	p.p.m.	1.221	99	1.213	107
Sulfato cálcico	p.p.m.	687	1.800	1.837	8.860
Bicarbonato (CO ₃ H ⁻)	mgs. 100 g.	30	36	35	40

FERTILIZACION

La fertilización anual, análoga para todos los árboles de ambas parcelas, ha sido la siguiente:

<i>Epoca</i>	<i>Compuestos</i>	<i>Kg. por árbol</i>
20 noviembre	Estiércol de cuadra	80
	Superfosfato cálcico	3
	Sulfato potásico	1
	Inmediata incorporación de las mezclas fertilizantes al terreno con una labor ligera, y posterior riego.	
13 abril	Sulfato amónico	1
	Sulfato ferroso	1
	Coincidiendo con un riego	
1 septiembre	Sulfato amónico	1
	Sulfato potásico	0,5
	Coincidiendo con un riego	

DISEÑO Y REALIZACION DE LA EXPERIENCIA

Se escogieron en cada parcela dos grupos de diez limoneros normales y cloróticos, respectivamente, dentro de la mayor analogía posible en cuanto al estado vegetativo, producción y tamaño de fruto.

Las plantas, injertadas sobre naranjo amargo, tenían una edad aproximada de 30 años.

Las muestras de hojas fueron tomadas a intervalos de 30 días, durante todo el ciclo anual, y siguiendo las normas descritas en otro trabajo (10).

EVOLUCION DEL HIERRO

El primer hecho que aparece de manifiesto ostensiblemente es que el contenido de hierro total (*), en todas las etapas del ciclo, fue más alto en las hojas fisiológicamente normales que en las cloróticas (Tablas II, III, IV y V).

Respecto de la forma de la evolución (gráficas 1 y 2), existen marcadas diferencias que resumimos a continuación.

(*) Determinación espectrofotométrica con o-fenantrolina (25, 33).

RESUMEN DE LA EVOLUCION

36

ARBOLES

	NORMALES		DEFICIENTES	
<i>E p o c a</i>	Parcela n.º 1 <i>Císcar</i>	Parcela n.º 2 <i>Santomera</i>	Parcela n.º 1 <i>Císcar</i>	Parcela n.º 2 <i>Santomera</i>
Enero-Marzo	Ligero descenso, con un mínimo pronunciado en Febrero.	Ligero descenso	Fuerte ascenso continuado.	Ascenso marcado.
Marzo-Junio	Pequeño ascenso en el primer mes, manteniéndose prácticamente hasta Mayo, y nueva subida más pronunciada hasta Junio.	Evolución análoga a la de la parcela n.º 1.	Señalado descenso en los meses primeros de intensa actividad, manteniéndose luego su nivel en Junio.	Fuerte descenso continuado.
Junio-Septbre.	Descenso en los meses de la 2.ª movida y posterior ascenso hasta Septiembre.	Descenso pronunciado y en punta para el mes de Julio, seguido de un ascenso continuado hasta Septiembre.	Ligero descenso hasta Julio, iniciando el ascenso desde este mes y continuándolo hasta Septiembre.	Sigue el descenso hasta Julio, para iniciar el ascenso continuado hasta Septiembre.
Septbre-Dic.	Ligero descenso entre los meses extremos, con un mínimo en Octubre, y el mayor nivel de todo el ciclo en Noviembre.	Evolución análoga a la parcela n.º 1.	Ligero ascenso, con un máximo de todo el ciclo en Noviembre.	Mantiene el nivel, con el máximo de todo el año en Noviembre.

Octavio Carpena Artés



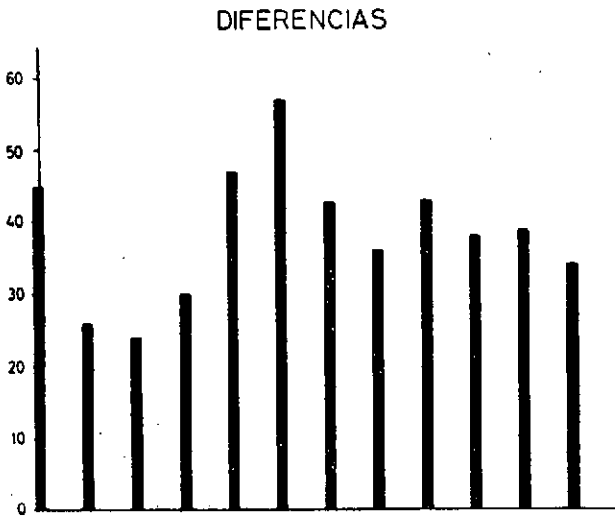
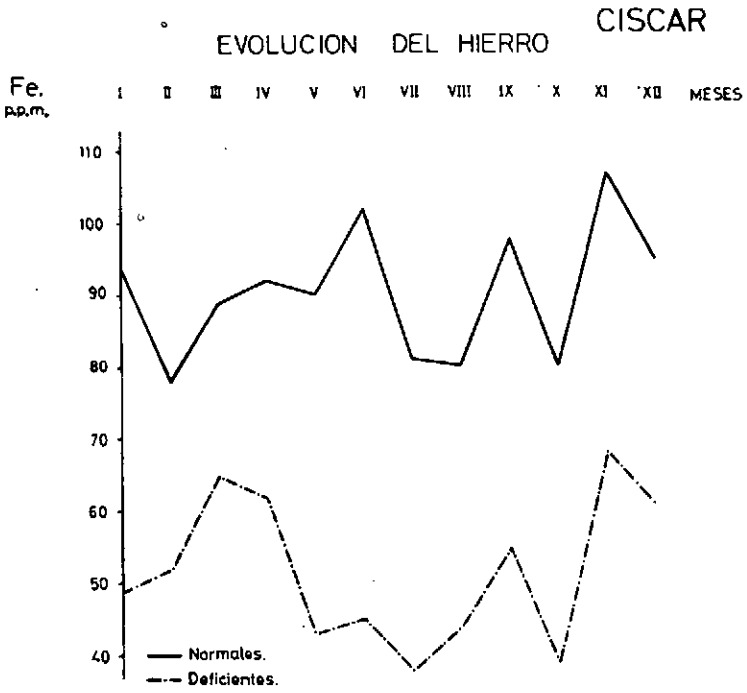
TABLA II
ARBOLES NORMALES (Císcar)

	Hierro p.p.m. sobre materia seca										Medias	C.V. %	Límites 5%
Enero	99	88	89	95	96	90	97	98	87	97	94	4,88	84 - 104
Febrero	76	74	79	80	76	75	80	85	73	83	78	5,38	69 - 87
Marzo	85	84	86	93	92	87	94	95	83	94	89	5,30	79 - 99
Abril	86	84	88	96	91	89	98	100	85	99	92	6,67	79 - 105
Mayo	84	81	83	96	94	89	97	99	82	98	90	8,08	74 - 106
Junio	95	91	95	105	108	99	109	111	93	110	102	7,80	85 - 119
Julio	76	75	79	83	81	80	85	86	77	87	81	5,25	72 - 90
Agosto	74	75	79	82	81	82	82	89	73	87	80	6,81	68 - 92
Septiembre	95	92	94	100	97	96	103	104	92	103	98	4,70	88 - 108
Octubre	78	75	77	80	79	78	85	87	76	86	80	5,41	70 - 90
Noviembre	103	100	110	109	104	112	108	114	98	110	107	4,94	95 - 119
Diciembre	92	88	94	97	94	95	100	102	86	101	95	5,60	83 - 107
Media											91		
C. V. %												9,05	
Límites 5 %													73 - 109



TABLA III
ARBOLES CLOROTICOS (Císcar)

	Hierro p.p.m. sobre materia seca										Medias	C.V. %	Límites 5%
Enero	47	53	46	44	50	53	47	46	52	48	49	6,56	42 - 56
Febrero	56	55	49	48	52	48	64	49	49	57	52	7,05	44 - 60
Marzo	63	70	62	73	59	61	69	61	60	72	65	8,25	54 - 76
Abril	59	72	58	71	70	59	57	56	59	57	62	10,50	48 - 76
Mayo	48	39	40	43	50	38	41	45	37	49	43	12,12	31 - 55
Junio	38	41	50	36	48	52	40	46	54	44	45	13,59	32 - 58
Julio	32	35	33	34	47	34	45	36	35	46	38	15,89	25 - 51
Agosto	51	46	42	52	36	37	48	40	50	41	44	13,01	31 - 57
Septiembre	46	49	61	63	52	62	58	59	51	48	55	11,57	41 - 69
Octubre	36	37	38	39	50	40	53	49	41	38	42	14,16	29 - 55
Noviembre	60	65	64	78	74	67	75	67	66	65	68	8,32	56 - 80
Diciembre	55	58	57	67	65	59	66	64	59	58	61	6,98	52 - 70
Media											52		
C.V. %											18,61		
Límites 5 %											31 - 73		



Gráfica nº 1



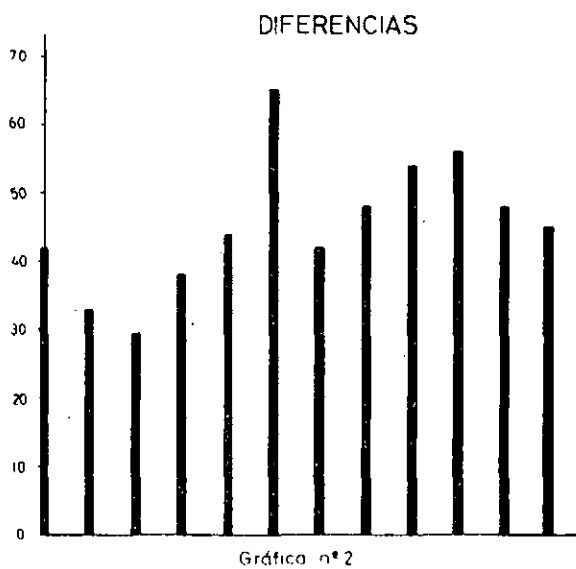
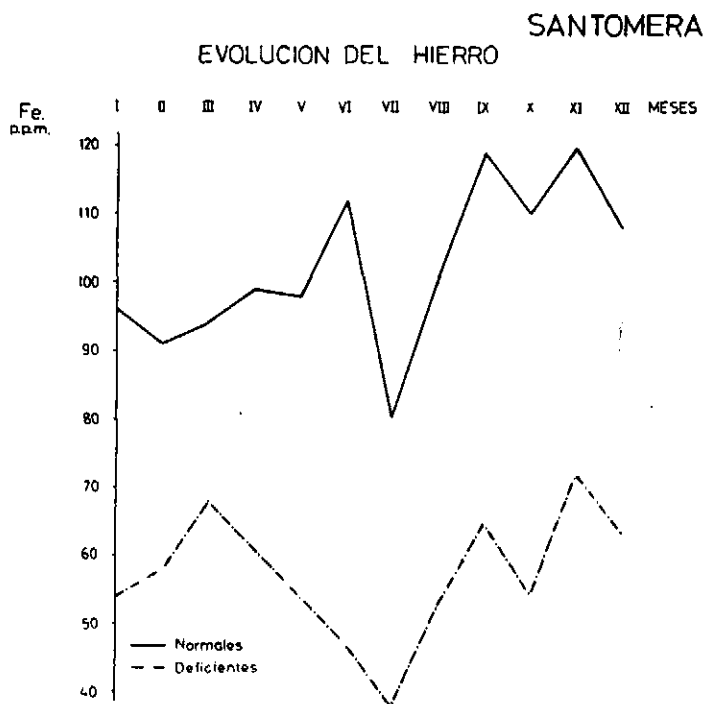
TABLA IV
ARBOLES NORMALES (Santomera)

	Hierro p.p.m. sobre materia seca										Medias	C.V. %	Límites 5%
Enero	92	101	96	98	94	102	98	90	93	97	96	4,03	87 - 105
Febrero	100	97	85	93	84	89	94	95	85	90	91	6,03	69 - 103
Marzo	90	95	89	92	98	101	99	93	87	96	94	4,88	84 - 104
Abril	105	97	96	106	94	99	103	98	90	101	99	5,05	88 - 110
Mayo	90	108	89	103	98	92	108	107	95	91	98	7,93	81 - 115
Junio	103	113	101	120	104	108	120	122	121	111	112	7,34	94 - 130
Julio	75	85	76	75	87	74	84	75	82	85	80	6,53	69 - 91
Agosto	98	105	105	96	107	113	92	94	112	90	101	8,20	83 - 119
Septiembre	114	114	122	121	118	127	99	126	122	116	119	6,83	101 - 137
Octubre	105	104	117	113	107	115	99	114	116	106	110	5,60	96 - 124
Noviembre	116	114	129	117	116	127	113	125	130	116	120	5,85	104 - 136
Diciembre	106	100	115	113	105	114	98	113	115	104	108	6,00	94 - 122
Media											102		
C. V. %												11,60	
Límites 5 %													76 - 128

TABLA V
ARBOLES CLOROTICOS (Santomera)

	Hierro p.p.m. sobre materia seca										Medias	C.V. %	Límites 5%
Enero	49	52	54	59	57	56	50	55	53	55	54	5,72	47 - 61
Febrero	53	63	56	50	62	59	60	54	57	65	58	8,21	47 - 69
Marzo	70	64	68	64	71	61	74	69	76	63	68	7,26	57 - 79
Abril	68	55	57	59	63	67	60	66	62	54	61	8,11	50 - 72
Mayo	49	55	48	61	42	60	52	63	51	58	54	12,70	39 - 69
Junio	46	41	48	49	57	53	40	42	45	50	47	11,50	35 - 59
Julio	44	34	45	36	31	46	31	32	33	48	38	18,13	23 - 53
Agosto	55	60	49	62	42	57	46	51	58	54	53	11,93	39 - 67
Septiembre	68	74	64	53	60	65	59	72	74	63	65	8,73	53 - 77
Octubre	59	62	54	47	51	57	49	50	64	49	54	11,07	41 - 67
Noviembre	67	80	74	67	69	70	66	77	78	69	72	7,12	61 - 83
Diciembre	58	69	59	58	62	66	60	67	68	81	63	6,80	53 - 73
Media											57		
C. V. %											16,43		
Límites 5 %											37 - 77		





ESTABLECIMIENTO DE LA ZONA CRITICA

En un trabajo anterior (10), establecimos nuestro criterio de diagnóstico para los estados deficitarios de hierro, mediante la utilización de las diferencias observadas en las medias experimentales para cada momento del ciclo. Al aplicarlo en este caso, obtenemos los valores siguientes:

Parcela n.º 1.—Císcar

Valor máximo, normales	=	102 p.p.m.
Valor mínimo, deficientes	=	38 p.p.m.
Campo de variabilidad	=	64 p.
Fracciones 64 : 5	=	12,8

Significación del diagnóstico

Escasa	=	0 a 12,8	0
Suficiente	=	12,8 a 25,6	1
Buena	=	25,6 a 38,4	2
Muy buena	=	38,4 a 51,2	3
Optima	=	51,2 a 64	4

TABLA VI

EVOLUCION ANUAL DE HOJAS EN ARBOLES NORMALES Y DEFICIENTES

CRITERIO DE LA MEDIA EXPERIMENTAL

C I S C A R

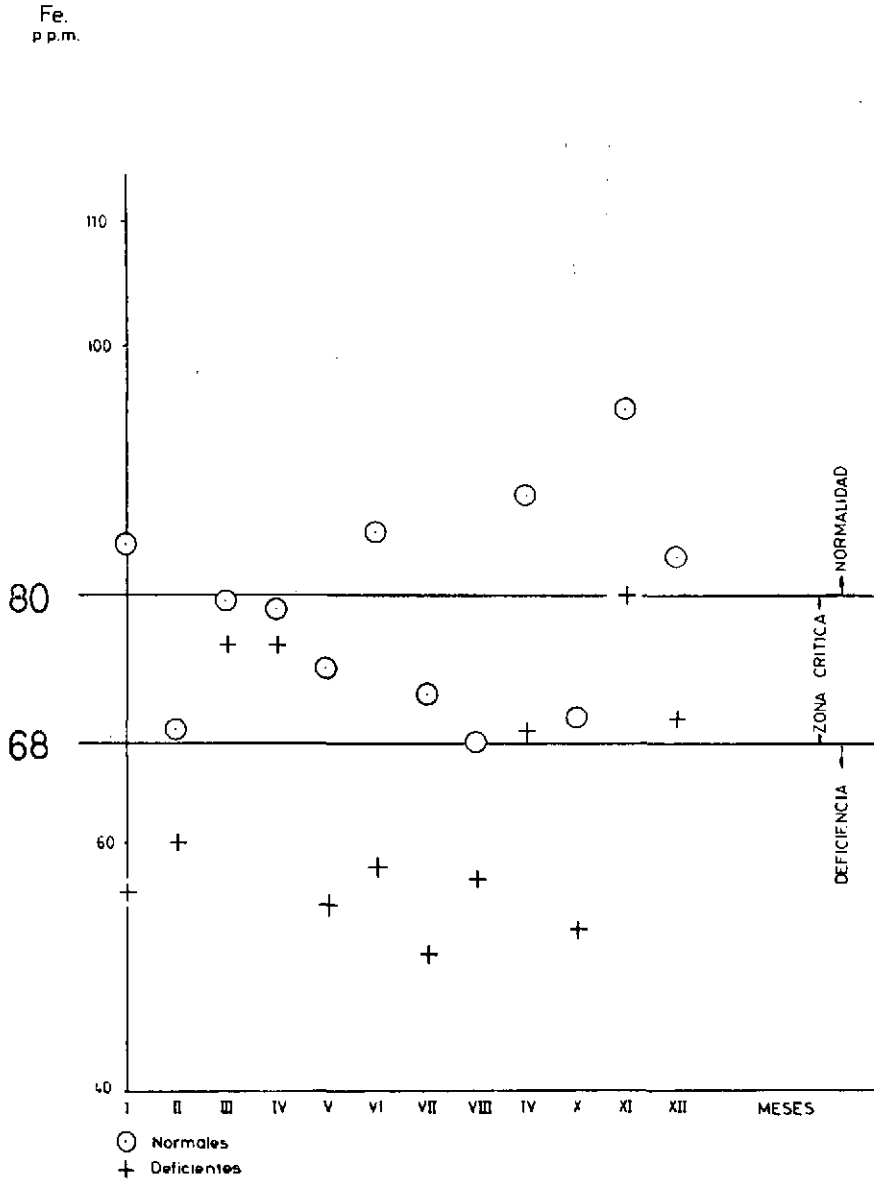
Contenido de hierro en p.p.m. de materia seca

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Normales	94	78	89	92	90	102	81	80	98	80	107	95
Deficientes	49	52	65	62	43	45	38	44	55	42	68	61
Diferencias	45	26	24	30	47	57	43	36	43	38	39	34
Grado de significación	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Momentos del diagnóstico	3,5	2,0	1,8	2,3	3,6	4,4	3,3	2,8	3,3	2,9	3,0	2,6
Diferencias significativas al nivel 0,1 %									+			

Contenido de hierro en ma./100 g. de materia vegetal seca

Normales	0,168	0,140	0,159	0,165	0,161	0,183	0,145	0,143	0,175	0,143	0,191	0,170
Deficientes	0,088	0,093	0,116	0,111	0,077	0,080	0,068	0,079	0,098	0,075	0,122	0,109
Diferencias	0,080	0,047	0,043	0,054	0,084	0,103	0,077	0,084	0,077	0,068	0,069	0,061

DETERMINACION DE LA ZONA CRITICA CISCAR



Gráfica nº 3



Para la determinación de la zona crítica, operamos con el coeficiente de variabilidad, de acuerdo con directrices anteriores (10), Y así tenemos:

Hierro p.p.m.					
Epoca	Límite de Normalidad	Límite de deficiencia	Zona Crítica	Diferencia	Clasificación
	Mayor de:	Menor de:			
Enero	84	56	56 - 84	28	3
Febrero	69	60	60 - 69	9	1
Marzo	79	76	76 - 79	3	0
Abril	79	76	76 - 79	3	0
Mayo	74	55	55 - 74	19	2
Junio	85	58	58 - 85	27	3
Julio	72	51	51 - 72	21	2
Agosto	68	57	57 - 68	11	1
Septiembre	88	69	69 - 88	19	2
Octubre	70	55	55 - 70	15	1
Noviembre	95	80	80 - 95	15	1
Diciembre	83	70	70 - 83	13	1

Campo de variabilidad = 44

Fracciones 44 : 5 = 8,8

De donde se deducen los límites siguientes (gráfica n.º 3):

	p.p.m.	ma./100
Zona normal	> 80	$> 0,143$
Zona deficiente	< 68	$< 0,122$
Zona crítica	68 - 80	0,122-0,143

Parcela n.º 2.—Santomera

Valor máximo, normales	=	120 p.p.m.
Valor mínimo, deficientes	=	38 p.p.m.
Campo de variabilidad	=	82
Fracciones 82 : 5	=	16,4

Significación del diagnóstico

Escasa	=	0 a 16,4	0
Suficiente	=	16,4 a 32,8	1
Buena	=	32,8 a 49,2	2
Muy buena	=	49,2 a 65,6	3
Optima	=	65,6 a 82	4

A continuación (Tabla VII), exponemos el grado de significación y los momentos de diagnóstico más apropiados para este sector.

TABLA VII
EVOLUCION ANUAL DE HOJAS EN ARBOLES NORMALES Y DEFICIENTES
CRITERIO DE LA MEDIA EXPERIMENTAL
S A N T O M E R A

Contenido de hierro en p.p.m. de materia seca

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Normales	96	91	94	99	98	112	80	101	119	110	120	108
Deficientes	54	58	68	61	54	47	38	53	65	54	72	63
Diferencias	42	33	26	38	44	65	42	48	54	56	48	45
Grado de significación	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Momento del diagnóstico	2,5	2,0	1,5	2,3	2,6	3,9	2,5	2,9	3,2	3,4	2,9	2,7
Diferencias significativas al nivel 0,1 %												
+												

Contenido de hierro en ma./100 g. de materia vegetal seca

Normales	0,172	0,163	0,168	0,177	0,175	0,200	0,143	0,181	0,213	0,197	0,215	0,193
Deficientes	0,097	0,104	0,122	0,109	0,097	0,084	0,068	0,095	0,116	0,097	0,129	0,113
Diferencias	0,075	0,059	0,046	0,068	0,078	0,116	0,075	0,086	0,097	0,100	0,086	0,080

Aplicación del coeficiente de variabilidad

Epoca	Hierro p.p.m.		Zona Crítica	Diferencia	Clasificación
	Límite de Normalidad	Límite de deficiencia			
	Mayor de:	Menor de:			
Enero	87	61	61 - 87	26	2
Febrero	79	69	69 - 79	10	0
Marzo	84	79	79 - 84	5	0
Abril	88	72	72 - 88	16	1
Mayo	81	69	69 - 81	12	1
Junio	94	59	59 - 94	35	3
Julio	69	53	53 - 69	16	1
Agosto	83	67	67 - 83	16	1
Septiembre	101	77	77-101	21	2
Octubre	96	67	67 - 96	29	2
Noviembre	104	83	83-104	21	2
Diciembre	94	73	73 - 94	21	2

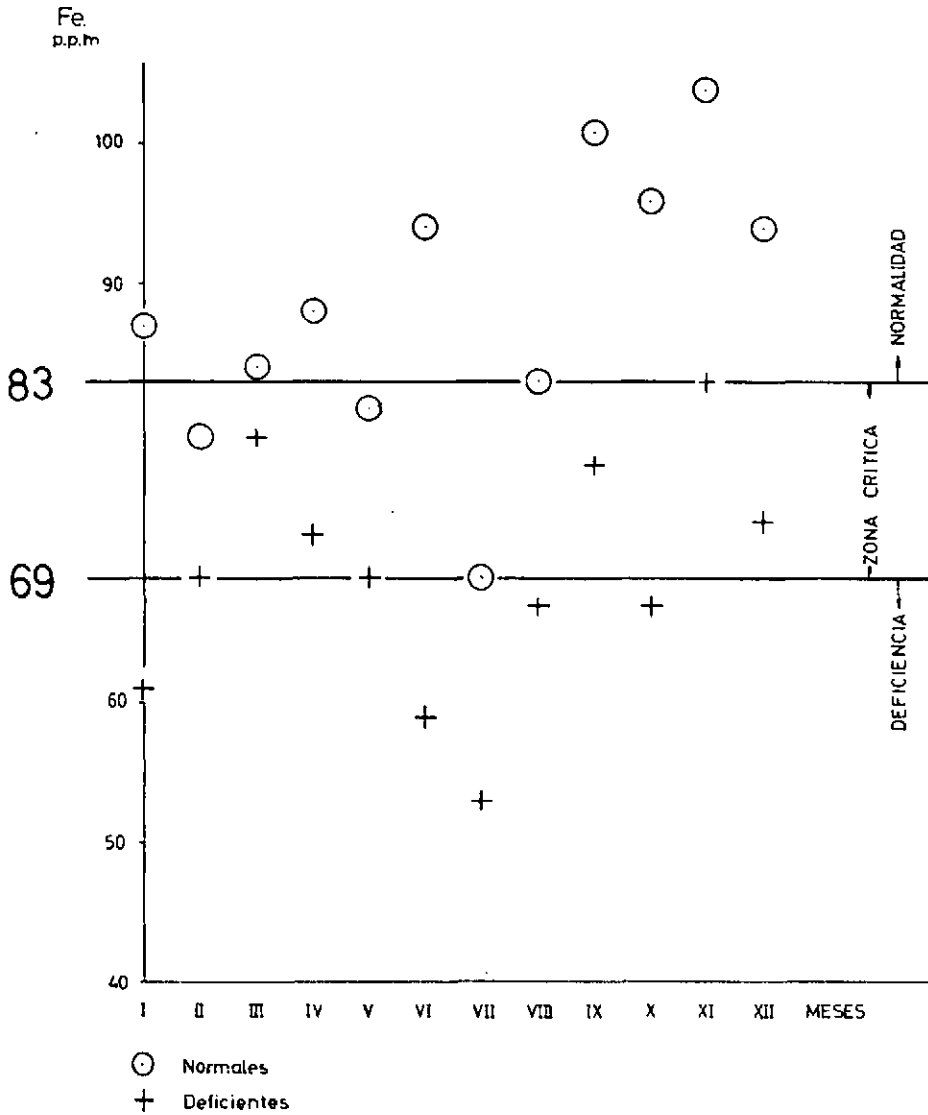
Campo de variabilidad = 61
Fracciones 51 : 5 = 8,8

Dejando establecido para este sector los límites de normalidad y deficiencia para el hierro como sigue:

	p.p.m.	ma./100
Zona normal	>83	>0,148
Zona deficiente	<69	<0,122
Zona crítica	69-83	0,122-0,148

Aunque los resultados expuestos (tablas VI y VII), confirman la posibilidad de establecer por el análisis foliar, un diagnóstico correcto de la deficiencia de hierro para todo el ciclo vegetativo, queda también demostrado que el margen de error posible varía considerablemente según la época de la toma de muestra.

DETERMINACION DE LA ZONA CRITICA SANTOMERA



Gráfica nº4



DISCUSION DE RESULTADOS

El estudio realizado confirma que en diagnosis foliar deben tenerse muy en cuenta las variaciones de la composición química de la hoja, cuestión sobre la que venimos insistiendo desde hace algún tiempo, incluso con otros nutrientes (7'). Hasta tal punto esto es cierto que aun en el caso de plantas afectadas por deficiencias minerales agudas, como en el trabajo que nos ocupa, las variaciones estacionales siguen siendo relativamente intensas. Así por ejemplo, en los árboles cloróticos de la parcela n.º 1, son del orden de 30 p.p.m. y en la n.º 2 de 34 p.p.m.

Esta circunstancia apoya también la conclusión obtenida por nosotros con anterioridad, de que el mecanismo de absorción del hierro no está impedido de manera total en los árboles deficientes. Y por ello, cuando la migración está prácticamente paralizada (período invernal), el nivel del bioelemento aumenta.

Como era de esperar, la evolución para el limonero normal muestra mayor intensidad; la absorción es, naturalmente, más poderosa y capaz, por tanto, de satisfacer la demanda de otros órganos de la planta en el período de gran actividad vegetativa (Primavera) sin que descienda, e incluso elevándose, el contenido foliar de hierro, ayudado por la fertilización primaveral.

Respecto del diagnóstico correcto de la deficiencia de hierro, mediante el análisis de la hoja, es interesante examinar comparativamente los resultados de las tres experiencias. Con el criterio de la media experimental, se obtienen los valores siguientes:

Meses	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>Localidad</i>												
Espinardo	3,1	1,7	1,8	2,0	2,2	4,3	3,0	3,4	3,1	2,9	3,0	2,9
Císcar	3,5	2,0	1,8	2,3	3,6	4,4	3,3	2,8	3,3	2,9	3,0	2,6
Santomera	2,5	2,0	1,5	2,3	2,6	3,9	2,5	2,9	3,2	3,4	2,9	2,7
Media	3,0	1,9	1,7	2,2	2,8	4,2	2,9	3,0	3,2	3,0	2,9	2,7



Se aprecia de inmediato que la eficacia del diagnóstico difiere según el momento del ciclo, pues frente a la significación extraordinaria de junio, nos encontramos con otra relativamente débil, aunque suficiente en este caso, para marzo. Estimamos que tales resultados justifican sobradamente nuestra hipótesis, relativa a la dificultad de conseguir información exacta cuando el análisis se efectúa en períodos desfavorables. En cambio, nuestro estudio demuestra que, en condiciones normales de trabajo, puede establecerse el diagnóstico con mayor rigor dentro de los meses de junio, septiembre, octubre y enero, que en cualquier otra época del año.

Y todavía alcanzamos mayor precisión con el criterio del coeficiente de variabilidad, más estricto, que se resume seguidamente:

Meses	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>Localidad</i>												
Espinardo	3	0	0	0	0	3	1	2	2	2	1	2
Ciscar	3	1	0	0	2	3	2	1	2	1	1	-1
Santomera	2	0	0	1	1	3	1	1	2	2	2	2
Media	2,7	0,3	0	0,3	1	3	1,3	1,3	2	1,7	1,3	1,7

Es verdaderamente satisfactoria la confirmación de los meses más apropiados para la toma de muestra, aunque el orden no sea exactamente el mismo.

En resumen, consideramos que con el presente trabajo se ha reafirmado la utilidad de nuestro sistema de diagnóstico, del que cabe esperar su generalización a los demás nutrientes en ésta y otras especies vegetales.

Demostrada ya la conveniencia de señalar las épocas más adecuadas para el muestreo, falta ahora llegar a la determinación de los valores tipo que permitan definir el estado de normalidad o deficiencia. Si quisiéramos aplicar el método clásico de los niveles críticos a la investigación realizada, nos encontraríamos, como de antemano supusimos, con discrepancias evidentes. Así, en nuestra primera experiencia obtuvimos, en limoneros deficientes, para épocas distintas, niveles superiores a los de normales; es decir, que se muestrea simultáneamente el árbol supuesto clorótico y el fisiológicamente normal, a ser posible en la misma zona, o, por el contrario, el análisis del árbol deficiente sólo será significativo para valores excepcionalmente bajos.

Y en el presente trabajo, también se aprecian hechos semejantes: para noviembre, se tienen en árboles cloróticos valores de 75 a 80 p.p.m. mientras que en normales, durante el verano, se encuentran contenidos de 73 a 76.



Es decir, que si definimos la separación entre el estado fisiológicamente normal y el deficitario por el llamado nivel crítico, a saber por un número concreto, cabe la posibilidad de adscribir a un estado clorótico plantas normales, o a la inversa, sobre todo, como decíamos al principio de este trabajo, cuando las situaciones no son extremas.

Estaríamos pues en condición análoga a la de otros investigadores: ¿Existe tanto o más hierro en hojas cloróticas que en normales? ¿Es el hierro activo y no el total el que determina el grado de clorosis?

Es evidente, pues, que para definir los valores tipo, hay que contar necesariamente con las variaciones estacionales de los contenidos foliares. Aparece entonces como solución más adecuada establecer la que denominamos «Zona Crítica», a nuestro juicio más fácil de caracterizar.

Efectivamente, el cálculo de la zona crítica en las tres experiencias conduce a lo siguiente:

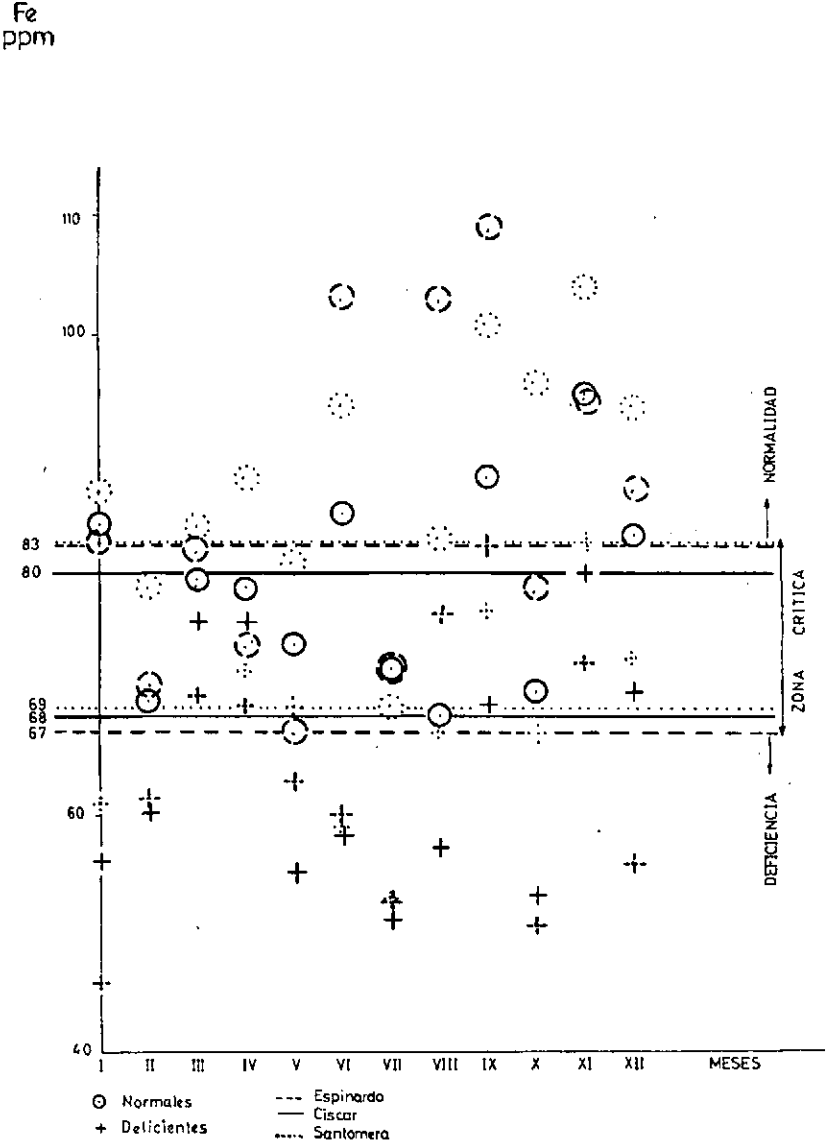
Experiencia	Localidad	Límites 5 % p.p.m. hierro materia vegetal seca
Primera	Espinardo	67 - 83
Segunda I	Císcar	68 - 80
Segunda II	Santomera	69 - 83
Zona crítica probable		67 - 83

La coincidencia notable de estos resultados, dada la diferencia de zonas y la variabilidad de las evoluciones, fortalece nuestro criterio y permite afirmar con suficiente rigor que la zona crítica del hierro, para limonero Verna, está comprendido entre 67 y 83 p.p.m. (gráfica n.º 5).

En definitiva, si se efectúa la toma de muestra sin considerar la época, contenidos por debajo del límite inferior establecido (67 p.p.m.), indicarán con toda probabilidad estados deficitarios. Valores comprendidos en la zona crítica, significan que este método de diagnóstico no es suficiente, salvo que se tenga en cuenta cuidadosamente el momento del muestreo.

Por último, con este trabajo se justifica el interés de la experimentación de campo para conocer el estado de nutrición de las plantas.

DETERMINACION DE LA ZONA CRITICA



Gráfica nº 5



CONCLUSIONES

1.^a Se demuestra la variabilidad de los contenidos foliares de hierro en limoneros fisiológicamente normales y cloróticos durante su ciclo vegetativo.

2.^a Se confirma que los niveles de hierro total son siempre más bajos en las hojas cloróticas que en las normales.

3.^a La magnitud de las diferencias relativas viene influenciada por la época de toma de muestra. A este propósito, se sugieren los momentos más adecuados para el diagnóstico de la deficiencia de hierro por el análisis químico de la hoja.

4.^a Se establecen definitivamente los intervalos de normalidad y deficiencia en limonero Verna.

5.^a Ratificamos nuestro criterio anterior en favor del concepto *zona crítica*, en lugar de *nivel crítico*.

6.^a Se justifica la necesidad de normalizar los métodos de muestreo en análisis foliar.

7.^a La experimentación de campo permite establecer con rigor las necesidades nutritivas de las plantas.

BIBLIOGRAFIA

- (1) BATHURST, A. C. *Method for sampling citrus leaves for diagnosis purposes*. Farm. in South Africa, 19, 329-330 (1944).
- (2) CARPENA, O., ABRISQUETA, C., SÁNCHEZ, J. A., GUILLÉN, M. G. *Composición química de hojas de Citrus*. I. Limonero. Anal. Edaf. y Fisiol. Veg., 16, 59-75 (1957).
- (3) CARPENA, O., GUILLÉN, M. G. y SÁNCHEZ, J. A., *La clorosis férrica del limonero*. I. Anal. Edaf. y Fisiol. Veg., 16, 259-272 (1957).
- (4) CARPENA, O., SÁNCHEZ, J. A. y GUILLÉN, M. G. *La clorosis férrica del limonero*. II. Anal. Edaf. Fisiol. Veg., 16, 273-292 (1957).
- (5) CARPENA, O., ORTUÑO, A. y LOUSTAU, J. *La estructura de los cloroplastidios de hojas de Citrus* (II). Anal. Edaf. y Fisiol. Veg. 18, 329-346 (1959).
- (6) CARPENA, O. *Consideraciones sobre las zonas limoneras murcianas y sus escasas necesidades hídricas*. Academia Alfonso X el Sabio del C. S. I. C. (1961).
- (7) CARPENA, O., y COL. *Estudio edafológico y agrobiológico de la Huerta de Murcia*. Resumen Anal. Edaf. y Agrob., 20, 449-465 (1961). I.O.A.T.S. (1963).
- (7) CARPENA, O. y COSTA, F., *Agroquímica*, 1, 62-74 y 341-352 (1963).
- (8) CARPENA, O., ORTUÑO, A. *Evolución de los cloroplastidios y del nitrógeno en limoneros cloróticos sometidos a tratamiento*. II. Problemi dell azoto in Agricoltura. Collana della Rivista Agrochimica, 415-426 (1961).
- (9) CARPENA, O., ORTUÑO, A. *Evolución de los cloroplastos en limoneros cloróticos sometidos a tratamiento*. Anal. Edaf. y Agrobiol., 22, 183-200 (1963).
- (10) CARPENA, O. *Contribución al conocimiento de la clorosis férrica en Citrus*. Tesis doctoral (1965).
- (11) CHAPMAN, H. D. *Absorption of iron from finely ground magnetite by citrus seedlings*. Soil Sci., 48, 309-315 (1939).
- (12) CHAPMAN, H. D. *Citrus leaf analysis*. California Agr., 11 (3) 10 (1949).
- (13) CHAPMAN, H. D. *The status of Present Criteria for the diagnosis of Nutrient Conditions in Citrus*. Plant Analysis and Fertilizer Problems. W. Reuther, ed. 75-106 (1961).
- (14) DE KOCK, P. C., *Soil Sci.*, 79, 167-175 (1955).
- (15) DE VILLIERS, J. I., LANGENEGGER, W. NEUDE, C. J. and OBERHOLZER, P. C. J., *Report of the Citrus Soils and Nutrition subcommittee on Citrus Soils and Nutrition*. Union of S. Africa. Mimeo. Report. (1958).
- (16) DE VILLIERS, J. I. and BEYERS, C. J. *Leaf analysis as a guide to fertilization in commercial orange growing*. Plant analysis and fertilizer Problems. Ed. W. Reuther. 107-119 (1961).
- (17) GOODALL, D. W. y GREGORY, F. G. *Chemical composition of plants as an index of their nutritional status*. Tech. Com. 17 (Aberystwyth Imp. Bur. Hort. & Plant. Crops).
- (18) KUYKENDALL, J. R., *Proc. Fla. State Hort. Soc.*, 67, 33-36 (1954).
- (19) LAGATU, H., MAUME, L., C. R. Acad. Sci. París, 179, 782.

- (20) LEEPER, G. W. *Factores affecting availability of inorganic nutrients in soils with special reference to micronutrient elements*. Ann. Rev. Plant. Physiol. 3, 1-16 (1952).
- (21) LEONARD, C. D. y STEWART, I. *Proc. Am. Soc. Hort. Sci.* 62, 103-110 (1953).
- (22) LOUSTAU, J., ORTUÑO, A., y CARPENA, O. *La estructura de los cloroplastidios en hoja de Citrus*. I. Anal. Edaf. 17, 437-485 (1958).
- (23) MACY, P. *Plant Physiol.* 11, 749-764 (1936).
- (24) NORTH, C. P. and WALLACE, A., *Limo-induced chlorosis in avocado and a possible method of control*. Calif. Avocado Soc. Yearbook 37, 177-186 (1952).
- (25) *Official Methods of Analysis of the Association of Official Agricultural Chemists*, 9.^a ed. Washington, 1960.
- (26) OPPENHEIMER, A. C. *Method for sampling citrus leaves for diagnosis purposes*. Farm. in South Africa, 19, 329-330 (1944).
- (27) OSERKOWSKY, J. *Quantitative relation between chlorophyll and iron in green and chlorotic pear leaves*. Plant Physiol. 8, 449-468 (1933).
- (28) REUTHER, W., SMITH, P. F., and SPECHT, A. W. *A comparison of the mineral composition of Valencia Orange Leaves from the mejor producing areas of the United States*. Proc. Fla. State Hort. Soc., 62 38-45 (1949).
- (29) REUTHER, W., SMITH, P. F., *Leaf analysis of Citrus*. Chap. 7 in *Fruit Nutrition*. Norman F. Childers ed. 257-294 (1954).
- (30) RUSSO. *Extrait du compte rendu du 11^o Colloque sur les problèmes du diagnostic foliare, de la nutrition azotée et des carences dans la nutrition de agrumes*. Secrétariat du C.L.A.M., Madrid (1962).
- (31) SHEAR, C. B., CRANE, H. L. and MYERS, A. T. *Nutrient-element balance: A fundamental concept in plant nutrition*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 47, 239-248 (1946).
- (32) SMITH, PAUL F., W. REUTHER and SCUDDER, Jr. *Effect of differential supplies of nitrogen, potassium and magnesium on growth and fruiting of young Valencia orange trees in sand culture*. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61, 38-48 (1953).
- (33) SNELL, F. S. y SNELL, C. T. *Colorimetric Methode of Analysis*, 2, New York (1959).
- (34) STEYN, W. J. A. *The errors involved in the sampling of citrus and pineapple plants of leaf analysis purposes*. Plant analyses and fertilizer problems. Ed by Reuther AIBS Washington D.C. 409-430 (1961).
- (35) TRYMAN, E. S. *The effect of iron supply on the yield and composition of leaves of tomato plants*. Plant and Soil, 10, 375-388 (1959).
- (36) ULRICH, A. *Plant analysis as diagnostic procedure*. Soil Sci., 55, 102 (1943).
- (37) WALLIHAN, E. F. *Relation of chlorosis to concentration of iron in citrus leaves*. Amer. Jour. Bot. 42 101-4 (1955).