



UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Sección de Químicas

TESIS DOCTORAL

INFLUENCIA DE ALGUNOS TRATAMIENTOS
FITOSANITARIOS SOBRE EL ESTADO NUTRITIVO DE
"PRUNUS AVIUM" Y "PRUNUS DOMESTICA"



FRANCISCO SANCHEZ ALONSO

1.985

1. 30.708

BIBLIOTECA	
FACULTAD DE CIENCIAS	
GRANADA	
Estante	1
Tabla	19
Núm.	

UNIVERSIDAD DE GRANADA
FACULTAD DE CIENCIAS
SALIDA { R. 22
Fecha 12

INFLUENCIA DE ALGUNOS TRATAMIENTOS FITOSANITARIOS SOBRE
EL ESTADO NUTRITIVO DE "Prunus avium" Y "Prunus domestica"

por

Francisco Sánchez Alonso

Visado en Granada
a 30 de Julio
de 1985

EL DIRECTOR

Tesis Doctoral dirigida por el Dr. D. Manuel Lachica Garrido, Prof. de Investigación del - C.S.I.C. en la Estación Experimental del Zaidín (Granada). Fue leída el 3 de Octubre de - 1985 ante el tribunal formado por los Prof.: Recalde Martinez, Recalde Manrique, Capitán Vallvey, Paneque Guerrero y Ramos Clavero. Obtuvo la calificación de Apto "cum laude"

Manuel Lachica Garrido,
Doctor en Ciencias, Pro-
fesor de Investigación
del Consejo Superior de
Investigaciones Científicas.

Francisco Sánchez Alonso
Licenciado en Ciencias,
Sección de Químicas.



A Pura, mi mujer, sin cuyo estímulo,
cooperación, sacrificio, comprensión
y cariño no hubiese sido posible -
la culminación de este trabajo.

A la memoria de mi padre.

Sirvan estas líneas para expresar mi profundo y sincero agradecimiento a todas aquellas personas que de una u otra manera han facilitado la realización de esta Tesis Doctoral.

De forma especial quiero manifestar mi gratitud para con:

D. Manuel Lachica, director del trabajo, quien me ha introducido, guiado y aconsejado en el apasionante mundo de la investigación científica, dándome la oportunidad de satisfacer un íntimo deseo personal.

D. Francisco Girela, no sólo por ser la persona que me descubrió la Estación Experimental del Zaidín, sino también por las facilidades otorgadas en todo momento como actual jefe de la U.E.I. de Química Analítica.

Los Dres. Yañez Fernandez, Sánchez-Rasero y Esteban Velasco por la receptividad y buena disposición que siempre me manifestaron ante cualquier ayuda o consejo solicitado; agradecimiento -- que hago extensivo al resto de mis compañeros de Sección: a -- quienes lo fueron y a quienes lo son.

Los Dres Quirantes Puertas y Ramos Clavero por su inestimable colaboración y ayuda en la realización y diseño de los tratamientos plaguicidas efectuados.

Asimismo deseo dejar constancia de mi reconocimiento hacia el Prof. Recalde Manrique, por haber aceptado la presentación de esta Memoria, y hacia Dña Dorotea Elena Rubí, por haberse ofrecido desinteresadamente a la ardua tarea de mecanografiar el manuscrito original.

No podría terminar estas líneas sin dar las gracias a los Directores de la EEZ que he conocido, los Dres: Recalde, Lachica y Boza, así como a los Organos de Gobierno del Instituto por haberme permitido trabajar en sus dependencias y a todas y cada una de las personas de esta Casa que me han distinguido con su amistad.

OBJETO DEL TRABAJO

1

INTRODUCCION

7

1. ALGUNOS ASPECTOS SOBRE LA APARICION DE LA AGRICULTURA Y SU EVOLUCION EN EL VIEJO MUNDO	9
1.1. Definición y encuadramiento	9
1.2. Aparición y relevancia de la agricultura	10
1.3. Los grandes asentamientos agrícolas de la Antigüedad: Egipto y Mesopotamia	12
1.4. La Antigüedad Grecoromana	14
1.5. La agricultura en la Europa Medieval	16
1.6. El Mundo Moderno	18
1.7. Los siglos XIX y XX	20
1.7.1. Desarrollo de la instrumentación agrícola	21
1.7.2. La Agricultura Científica	22
2. ANALISIS FOLIAR: FUNDAMENTOS, OBJETIVOS ACTUALES, METODOLOGIA E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS	27
2.1. Fundamentos del análisis foliar	27
2.2. Objetivos del análisis foliar	30
2.3. Metodología del análisis foliar	31
2.3.1. Toma de muestra	31

2.3.2. Transporte y almacenamiento del material vegetal -- fresco	35
2.3.3. Preparación de la muestra	37
(Lavado, su necesidad y metodología: 37 .- Secado: 47 .- Molienda: 50 .- Almacenamiento del polvo -- vegetal seco: 52)	
2.3.4. Solubilización de la muestra	52
(Métodos de puesta en solución: 52 .- Mineralización por calcinación: Vía seca: 54 .- Factores -- principales que condicionan el resultado de la -- mineralización por vía seca: 57 .- Pérdida por volatilización: 57 .- Pérdidas por adsorción: 59 .- Papel de los aditivos: 60 .- Mineralización por -- ataque ácido: Vía húmeda: 61 .- Reactivos utilizados: 62 .- Ácidos oxidantes: 62 .- Agua oxigenada: 66 .- Factores que determinan resultados erróneos: 66 .- Mineralización por combustión bajo presión: 67 .- Mineralización por fusión: 68 .- Puesta en solución mediante extracción: 68 .- Agua: 68 .- Tampón acético-acetato: 68 .- Ácidos: 69 .- EDTA: 69)	
2.3.5. Técnicas analíticas	70
2.4. Expresión de los resultados	75
2.5. Interpretación de los resultados	76
2.5.1. Concentración crítica de nutrientes	77
(Bases interpretativas: 77 .- Concepto de <u>concentra</u> ción o valor crítico. Zona crítica: 80)	
2.5.2. Factores que afectan la composición mineral de la - hoja	84
(Efecto del crecimiento: 85 .- Efecto de la fructi <u>ca</u> ción: 86 .- Efecto de la edad: 86 .- Efecto <u>anu</u>	

al: 87.- Efecto translocacional: 88 .- Interacciones: 90 .- Efectos multielementos: 92.- Efectos varietales: 93 .- Efectos ambientales y características y estructura del suelo: 94 .- Humedad del suelo: 94 .- Temperatura: 95 .- Textura y contenido en materia orgánica del suelo: 96 .- pH del suelo: 97.- Prácticas culturales: 98 .- Heridas, parásitos y enfermedades: 99 .- Productos fitosanitarios: 100.- Intensidad y duración de la luz: 100.- Lixiviación: 101)	
2.5.3. Nutrición equilibrada	101
(Método Lagatu y Maumé: Intensidad y calidad de la nutrición: 102.- Balance de elementos nutritivos de Shear y col.: 103.- Balance catiónico-aniónico: 105.- Índices de Kenworthy: 108.- Alimentación mineral equilibrada de Homés: 108 .- Coordinadas nutritivas. Aplicación al cálculo de los equilibrios fisiológicos: 111.- Balance nutriente evolutivo: 112)	
2.5.4. Otras interpretaciones	113
(El método DRIS para diagnósticos nutritivos: 113.- El método de Clements: 115.- Pruebas funcionales: 116)	
3. PLAGUICIDAS Y PLANTAS	119
3.1. Condiciones generales	119
3.1.1. Plaguicidas: Concepto, denominaciones y configuración	119
3.1.2. Notas sucintas sobre la utilización de productos fitosanitarios	121

3.2. Algunos factores relacionados con la aplicación, persistencia, absorción, transporte y metabolización de los plaguicidas agrícolas	124
3.2.1. Consideraciones previas	124
3.2.2. Influencia de la morfología de la planta sobre la retención de la sustancia pulverizada	125
3.2.3. Factores que afectan la deposición y persistencia foliar de los pesticidas	127
3.2.4. Penetración foliar de pesticidas	131
(Penetración cuticular: 132.- Características estructurales de la cutícula y su relación en la absorción: 132.- Penetración cuticular propiamente dicha: 135.- Penetración estomática: 136.- Otras vías de penetración: 137)	
3.2.5. Factores que afectan la penetración foliar de pesticidas	138
(Factores ambientales: 138.- Luz: 138.- Humedad: 139.- Temperatura: 140.- Factores relacionados con la planta: 141.- El haz y el envés: 141.- Características fisiológicas, ecológicas y botánicas de las hojas: 141.- Factores relacionados con el pesticida y su formulación: 142.- Características estructurales del pesticida: 142.- Coadyuvantes: 143.- pH de las soluciones pulverizadas: 144.- Tamaño de las gotitas pulverizadas: 145)	
3.2.6. Penetración a través del tallo o del tronco	146
3.2.7. Penetración post-cuticular: Translocación	147
3.2.8. Metabolismo de los pesticidas	151
(Consideraciones generales: 151.- Algunas reacciones básicas de biotransformación en vegetales: 153.- Reacciones de oxidación: 153.- Reacciones de	

reducción:154.- Reacciones de hidrólisis: 155.- Reacciones de conjugación: 155)	
3.2.9. Alteración de actividades enzimáticas por acción de los pesticidas	157
(Algunas alteraciones enzimáticas provocadas por fungicidas: 158.- Algunas alteraciones enzimáti- cas producidas por insecticidas: 160.- Considera <u>a</u> ciones a la alteración enzimática: 161)	
3.3. Alteraciones ocasionadas en la nutrición mineral de las plantas por la aplicación de productos plaguicidas: Ante <u>c</u> edentes bibliográficos	162
3.3.1. Ciruelos y cerezos	164
3.3.2. Otros frutales	165
(Fungicidas: 165.- Fungicidas tiocarbámicos:165.- Compuestos de cobre: 168.- Insecticidas: 169.- Insecticidas órganofosforados: 169.- Otros insec <u>t</u> ticidas: 171.- Acaricidas específicos: 172)	
3.3.3. Otras especies arbóreas	173
3.3.4. Vid	176
(Fungicidas: 176.- Insecticidas: 177)	
3.3.5. Cultivos hortícolas	179
(Fungicidas: 179.- Fungicidas orgánicos: 179.- Fungicidas inorgánicos: 183.- Insecticidas:185.- Insecticidas órganofosforados: 185.- Otros insec <u>t</u> ticidas: 190)	
3.3.6. Cereales	191
(Fungicidas: 191 .- Insecticidas 191)	
3.3.7. Otras plantas herbáceas	193
(Fungicidas: 193.- Insecticidas: 193.- Insectici- das órganoclorados: 194.- Insecticidas órganofos <u>f</u> forados y carbámicos:195)	

PARTE EXPERIMENTAL

197

4. MATERIAL Y METODOS	199
4.1. Elección de los cultivos	199
4.2. Parcelas experimentales	202
4.3. Características de los tratamientos	203
4.4. Aplicación de los tratamientos	207
4.5. Clasificación adoptada para los plaguicidas	208
4.6. Algunas consideraciones acerca de las materias activas y de los productos comerciales fitosanitarios empleados	215
4.6.1. Dimetoato	215
4.6.2. Dinocap	217
4.6.3. Etiofencarb	219
4.6.4. Metidatió n	220
4.6.5. Polisulfuro de bario	222
4.6.6. Zineb	224
4.6.7. Ziram	225
4.7. Muestreo	227
4.8. Preparación de la muestra	230
4.9. Mineralización de la muestra	231
4.10. Métodos analíticos utilizados	231
4.11. Análisis de los productos plaguicidas	233
4.11.1. Mineralización de la muestra	234
4.11.2. Determinaciones analíticas	235
4.12. Análisis del detergente utilizado en el lavado de mues- tras vegetales	236
4.13. Análisis de suelos	236
4.14. Tratamiento estadístico realizado	237

RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSION

5. PRIMER AÑO DE EXPERIENCIAS (1978)	245
5.1. Análisis del detergente utilizado en el proceso de lavado del material vegetal	246
5.2. Discusión estadística de los resultados analíticos obtenidos	247
5.2.1. Ciruelos. Tratamiento primero: "Solbar"(polisulfuro de bario, 1211)	247
5.2.2. Ciruelos. Tratamiento segundo: "Fitonil 80 Forte" (zineb, 3215), "Irokar" (dinocap, 2312) y "Ultra-cid-40E" (metidati6n, 1454)	268
5.2.3. Cerezos. Tratamiento primero: "Solbar"(polisulfuro de bario, 1211)	276
5.2.4. Cerezos. Tratamiento segundo: "Fitonil 80 Forte" (zineb, 3215), "Irokar" (dinocap, 2912) y "Ultra-cid-40E" (metidati6n, 1454)	294
5.3. Discusi6n de los efectos abservados en el primer a6o de experiencias a tenor de las caracterfsticas de los productos utilizados y de los antecedentes bibliogr6ficos.	302
5.4. Consideraciones acerca del estado nutritivo de los cultivos y de la influencia que sobre el mismo ejerce el tratamiento de "Solbar"(polisulfuro de bario, 1211) ...	311
5.4.1. Ciruelos	313
(Zona de normalidad: 313.- Nutrici6n equilibrada: 319)	
5.4.2. Cerezos	326
(Zona de normalidad: 326.- Equilibrios ternarios 332)	

5.5. Discusión de los efectos observados en el segundo trata-- miento del primer año de experiencias a tenor de las carac_ terísticas de los productos utilizados y de los anteceden- tes bibliográficos.....	333
5.6. Consideraciones acerca del estado nutritivo de los culti- vos y de la influencia que sobre el diagnóstico del mismo puede ejercer el segundo tratamiento del primer año de ex_ periencias.....	351
5.6.1. Ciruelos..... (Zona de normalidad: 351 .-Equilibrios ternarios:)	351
5.6.2. Cerezos..... (Zona óptima:357 .- Equilibrios ternarios: 360)	357
6. SEGUNDO AÑO DE EXPERIENCIAS (1979)	363
6.1. Discusión estadística de los resultados analíticos.....	361
6.1.1. Ciruelos. Tratamiento primero: "Croneton 50L" (etio_ fencarb, 1623), "Irokar" (dinocap, 2912), "Pomarsol Z Forte" (ziram, 3225).....	361
6.1.2. Ciruelos. Tratamiento segundo: "Dimetoato 40" (dime_ toato, 1553), "Pomarsol Z Forte" (ziram,3225).....	383
6.1.3. Cerezos. Tratamiento primero: "Croneton 50L" (etio- fencarb,1623), "Irokar" (dinocap, 2912), "Pomarsol- Z Forte" (ziram,3225).....	393
6.1.4. Cerezos. Tratamiento segundo: "Dimetoato 40" (dime- toato,1553), "Pomarsol Z Forte" (ziram,3225).....	410
6.2. Discusión de los efectos observados en el primer tratamien- to del segundo año de experiencias a tenor de la composi-- ción de los productos utilizados y de los antecedentes bi- bliográficos.....	419

6.3. Consideraciones acerca del estado nutritivo de los cultivos y de la influencia que sobre el diagnóstico de los mismos ejerce el primer tratamiento del segundo año de experiencias	430
6.3.1. Ciruelos	430
(Zona óptima: 433.- Equilibrios ternarios: 435)	
6.3.2. Cerezos	436
(Zona óptima: 436.- Equilibrios ternarios: 441)	
6.4. Discusión de los efectos observados tras el segundo tratamiento del segundo año de experiencias a tenor de la composición del tratamiento y de los antecedentes bibliográficos	443
6.5. Influencia del segundo tratamiento del segundo año de experiencias sobre el diagnóstico del estado nutritivo del cultivo	454
6.5.1. Ciruelos	454
(Zona óptima: 454.- Equilibrios ternarios: 457)	
6.5.2. Cerezos	460
(Zona óptima: 460.- Equilibrios ternarios: 466)	
7. PROSPECCION SOBRE LAS ALTERACIONES NUTRITIVAS IMPUTABLES A LOS TRATAMIENTOS	467
7.1. Cambios nutricionales observados no justificados por la composición de los productos utilizados	467
7.2. Connotaciones de los cambios nutritivos observados	469
7.3. Alteraciones nutritivas de las plantas con deficiencia de hierro inducida por suelos calizos	472
7.3.1. La clorosis férrica y sus causas	472
7.3.2. Alteraciones nutritivas	475
7.4. Parámetros inorgánicos representativos del estado nutritivo de una planta respecto a su contenido en hierro	482

7.4.1. Conexiones fisiológicas y bioquímicas de algunos de estos parámetros	487
7.4.2. Parámetros indicadores inorgánicos elegidos.....	494
7.4.3. Resultados obtenidos y discusión de los mismos....	500
(Tratamiento con "Solbar": 500.- Tratamiento con "Fitonil 80 Forte", "Irokar" y "Ultracid": 502.- Tratamiento con "Croneton", "Irokar" y "Pomarsol Z Forte: 507.- Tratamiento con "Pomarsol Z Forte y "Dimetoato 40":510)	
7.5. Balance entre los elementos netálicos y no metálicos mayoritarios. Balance iónico.....	514
7.5.1. Concepto y significación del balance iónico	514
7.5.2. Algunos factores que interaccionan en el balance iónico y su repercusión en el contenido de aniones orgánicos o carboxilatos	516
7.5.3. Aproximaciones realizadas en el cálculo del balance iónico	519
7.5.4. Consideraciones sobre la composición catiónica	521
7.5.5. Contenido en elementos netálicos y no metálicos mayoritarios. Relación entre ellos	524
7.5.6. Establecimiento indirecto del contenido en carboxilatos. Balance iónico	543
7.5.7. Carboxilatos y N-orgánico. Relación entre ellos	549
8. ESTUDIO DE LAS FRACCIONES DE ALGUNOS BIOELEMENTOS	567
8.1. Fracciones de Calcio	569
8.1.1. Fracciones de Ca correspondientes a muestras testigo. (Ciruelos: 573.- Cerezos: 575)	569

8.1.2. Acción de los tratamientos plaguicidas sobre las fracciones de Calcio	578
(Primer año de experiencias: 578.- Ciruelos. Tratamiento primero: 578.- Ciruelos. Tratamiento segundo: 583.- Cerezos. Tratamiento primero: 589.- Cerezos. Tratamiento segundo: 595.- Segundo año de experiencias: 603.- Ciruelos. Tratamiento primero: 603.- Ciruelos. Tratamiento segundo: 608.- Cerezos. Tratamiento primero: 655.- Cerezos. Tratamiento segundo: 620.- Compendio acerca de la influencia de los tratamientos en las fracciones de Calcio: 626)	
8.2. Fracciones de Hierro	630
8.2.1. Primer año de experiencias. Tratamiento primero	633
8.2.2. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo	638
8.2.3. Segundo año de experiencias. Tratamiento primero ...	644
8.2.4. Segundo año de experiencias. Tratamiento segundo ...	649
8.2.5. Compendio de los resultados obtenidos	654
8.2.6. Interpretación de los valores hallados para la fracción de Hierro soluble	657
8.2.7. Posible implicación de otros micronutrientes en las alteraciones nutritivas observadas	663
8.2.8. Relaciones Hierro-Calcio	672
(Contenido y evolución de la fracción de Hierro soluble: 672.- Relaciones cualitativas entre los contenidos totales de ambos elementos: 674.- Relaciones cualitativas entre las fracciones de Calcio e Hierro: 676)	
<u>CONCLUSIONES GENERALES</u>	679
9. CONCLUSIONES	681

BIBLIOGRAFIA

10. LITERATURA CITADA

OBJETO DEL TRABAJO

La necesidad de incrementar la producción agrícola, unida a la existencia de una infraestructura científica básica, permitieron en el siglo pasado la aparición de lo que se ha dado en llamar "Agricultura Científica", la cual revolucionó los conceptos tradicionales basándose fundamentalmente en tres pilares:

- Conocimiento de los suelos y de la biología
- Genética y fisiología de las plantas
- Conocimiento de la química

En este sentido la química desarrolló, en primer lugar, una gran industria de fertilizantes y, más tarde, otros productos cuyo objetivo primordial era luchar contra los factores antieconómicos de las cosechas: insectos, enfermedades y malas hierbas, que reciben el nombre genérico de plaguicidas o productos fitosanitarios.

Aunque la utilización de estos productos se remonta a la antigüedad grecorromana, es a partir de 1940, tras descubrir Muller las propiedades insecticidas del DDT, cuando se inicia el desarrollo de los plaguicidas de síntesis.

OBJETO DEL TRABAJO



OBJETO DEL TRABAJO

La necesidad de incrementar la producción agrícola, unida a la existencia de una infraestructura científica básica, permitieron en el siglo pasado la aparición de lo que se ha dado en llamar "Agricultura Científica", la cual revolucionó los conceptos tradicionales basándose, fundamentalmente, en tres pilares:

- Conocimiento de los suelos y de su biología
- Genética y fisiología de las plantas
- Concurso de la química

En este sentido la química desarrolló, en primer lugar, una -- gran industria de fertilizantes y, más tarde, otros productos cuyo objetivo primordial era luchar contra los factores antiproductivos de las cosechas: insectos, enfermedades y malas hierbas, que reciben el nombre genérico de plaguicidas o productos fitosanitarios.

Aunque la utilización de alguno de estas sustancias se remonta a la antigüedad greco-romana, no es hasta 1940, tras descubrir Muller - las propiedades insecticidas del DDT, cuando se inicia el desarrollo de los plaguicidas de síntesis.



A partir de entonces la aplicación de este tipo de productos - para fines agrícolas ha crecido sin cesar, de tal manera que su uso no obedece a la única finalidad de erradicar la plaga establecida, sino -- que los fabricantes han promovido tratamientos preventivos o "por calen dario" que han gozado de una buena acogida por parte de los agriculto-- res, quienes, de esta manera, procuran evitar pérdidas.

El uso indiscriminado y a veces innecesario de estos productos, junto al poder de persistencia de algunos de ellos o de sus metabolitos, unido a su toxicidad, ha dado lugar a que aparezcan determinados desequi librios ecológicos: Extinción de especies de insectos, cambio de las pro piedades del suelo, tanto en su aspecto constitutivo como biológico, así como a su acumulación en aguas, alimentos y animales. Ello ha dado lugar a la aparición de determinadas enfermedades en el ser humano, que han he cho necesario dar un tratamiento relevante al aspecto nocivo que pueden ejercer sobre el medio ambiente como agentes de contaminación.

Existe, sin embargo, un aspecto de capital importancia que es - olvidado la mayoría de las veces o tratado de forma superficial: La --- acción que los plaguicidas ejercen sobre la fisiología y la bioquímica - de la planta a la que deben proteger. A veces, han recibido una cierta - atención los efectos tóxicos directos causados por la aplicación de es-- tos productos, pero los efectos indirectos causados a mdio o largo plazo han sido, prácticamente olvidados.

En este contexto nos propusimos investigar si la aplicación -- "por calendario" de algunos tratamientos plaguicidas era capaz de alterar el estado nutritivo mineral de ciertos cultivos frutícolas de interés -- provincial, así como la evolución que estas posibles alteraciones te--- nían a lo largo del tiempo.

La carencia absoluta de antecedentes en este tipo de estudios - sobre los cultivos que inicialmente nos interesaban, así como los resul-

tados de tipo empírico ofrecidos por las escasas investigaciones desarrolladas sobre el particular, nos indujeron a la realización de una -- prospección general llevada a cabo en pleno campo, y concretada en el -- estudio de 11 bioelementos esenciales que nos permitiese posteriormente, a la luz de los resultados obtenidos, perfilar vías selectivas de pro-- fundización en esta línea.

Con este plantamiento experimental, el presente trabajo preten de responder a las siguientes cuestiones:

- ¿Pueden alterar los tratamientos fitosanitarios la concentración foliar de algunos bioelementos esenciales de las plantas?

- ¿Cómo evoluciona esta alteración a lo largo del tiempo? ¿Está condicionada por él?

- Las modificaciones nutritivas observadas ¿pueden influir o -- distorsionar el diagnóstico nutritivo del vegetal?

- Las alteraciones producidas ¿están justificadas por la composición de los plaguicidas utilizados?

- ¿Sería posible apuntar, aún en forma tentativa, alguna explicación global sobre los efectos observados?

1.- ALGUNOS ASPECTOS SOBRE LA APARICIÓN DE LA AGRICULTURA Y SU EVOLUCIÓN EN EL VIEJO MUNDO.

(Génesis 3-23)

"Y le arrojó fuera del jardín del Edén a labrar la tierra de la cual había tomado"
 "sido"

1.1.- Definición y encuadramiento

La agricultura se puede definir como el conjunto de actividades ejercidas por el hombre para obtener de la tierra los productos indispensables para la subsistencia.

Este conjunto de actividades no está restringido sólo a la explotación de una parcela determinada, sino que abarca todas aquellas operaciones de índole económica, cultural, agrícola, etc., encaminadas a producir, sería imprudente restringir el concepto a un breve espacio, sobre la incidencia de todos estos factores en el desarrollo de la agricultura; por ello, las líneas siguientes se refieren a la evolución de una forma de intervención sintetizada los aspectos refe-

INTRODUCCION

1.- ALGUNOS ASPECTOS SOBRE LA APARICION DE LA AGRICULTURA Y SU EVOLUCION EN EL VIEJO MUNDO.

(Génesis 3-23)

"Y le arrojó Yavé del jardín del Edén a labrar la tierra de que había sido tomado"

1.1.- Definición y encuadramiento

La agricultura se puede definir como el conjunto de actividades ejercidas por el hombre para obtener de la tierra los productos in dispensables para la subsistencia.

Este conjunto de actividades no está relegado sólo a la aplicación de unas técnicas determinadas, sino que además posee unas marcas connotaciones de índole sociológico, político, geográfico, económico y científico. Sería impropio realizar aquí un esbozo, por breve que fuese, sobre la incidencia de todos estos aspectos en el desarrollo de la agricultura; por ello, las líneas dedicadas a este empeño sólo tratarán de una forma extremadamente sintetizada los aspectos refe-

rentes a las técnicas y útiles agrícolas, así como los científicos cuando sea procedente, para llegar, en un rápido viaje a través del tiempo, a conectar con nuestra propia actividad en el campo de la Agrobiología.

1.2.- Aparición y relevancia de la agricultura

Cuando hace aproximadamente 10.000 años, el hombre, en algún lugar situado entre el extremo oriental del mar Mediterráneo, el mar Caspio, el mar Negro y el golfo Pérsico, en una zona conocida como el "Creciente Fértil", probablemente entre los montes que rodean el gran valle del Tigris y el Éufrates, y en el seno de lo que se ha dado en llamar -"cultura natufiense", optó por un nuevo modo de vivir y decidió imponerse a la naturaleza haciendo la trascendental revolución que acompañó a la domesticación de los animales y a los asentamientos agrícolas, comenzó el final de una historia de más de un millón de años durante los cuales la humanidad sólo conoció la vida de caza en el yermo.

El destino del hombre cambió radicalmente cuando éste comenzó a regular la producción vegetal dentro de zonas determinadas y en las estaciones adecuadas. Ello le permitió dejar de desplazarse de un modo -- constante en busca de sustento y le ofreció la posibilidad de asentarse de tal manera que los hijos podían vivir donde lo hicieron sus padres y heredar lo que éstos habían hecho.

Un claro ejemplo de lo que acabamos de decir nos lo ofrece Jericó. Junto a su inmemorial fuente se desarrolló uno de los primeros asentamientos agrícolas que, ya entre el séptimo y octavo milenio antes de Cristo, se convertiría en una típica ciudad neolítica amurallada desarrollándose -en contraste con lo que le rodeaba- una vida comunal organizada en gran escala una vez establecida la vida agrícola. Otros asentamientos agrícolas pioneros junto al citado anteriormente son: Qala'at Jarmo, en los montes Kurdos -en la cuenca del Tigris-, y las cuevas de Belt y Hotu -muy próximos entre sí- situadas en las orillas meridionales del mar Caspio.

Indudablemente que el inicio del proceso agrícola tuvo que requerir una serie de condicionamientos previos. Por ejemplo, un proceso de adquisición de conocimientos botánicos indispensables para la comprensión del ciclo biológico de las plantas; junto a ello, una serie de circunstancias de orden humano, climático y geológico. Existieron, sin duda, pueblos sedentarios, que constituyen un paso intermedio entre las sociedades de cazadores nómadas y las de agricultores, y que no vivían del cultivo de la tierra sino "de la recolección" de los frutos de una o varias plantas silvestres. Unicamente los pueblos que recolectan sin sembrar pudieron estar en situación de adquirir los conocimientos necesarios para iniciar la agricultura.

Los inicios de la agricultura no se deben relacionar siempre con vida sedentaria. Regiones ricas en caza o en frutos naturales podían originar asentamientos humanos. Por el contrario, también existieron pueblos agricultores nómadas, precisamente aquellos que practicaban las formas más primitivas de cultivo consistente en roturar un campo, limpiándolo de arbustos y malezas para sembrarlo. Una vez efectuada la recolección el terreno es sembrado de nuevo, sin dejarlo reposar en barbecho o abonarlo, y así sucesivamente hasta que la tierra se agota y decrece el rendimiento. Entonces la comunidad emigraba a otra parte para volver a repetir el ciclo.

En este periodo inicial, además del palo de cavar utilizado para introducir la simiente en la tierra fueron de gran importancia para la eliminación del bosque y la labranza del campo instrumentos tales como hachas y azuelas. Los materiales preferidos para la manufacturación de estos útiles era el pedernal o la roca ígnea; después se realizaba el pulimentado frotándolos sobre arenisca. Ambos instrumentos, aunque más particularmente la azuela, fueron utilizados como azadas; el hacha se montaba con su filo paralelo al mango y la azuela formaba con él un ángulo recto. Otro importante útil empleado por los primeros agricultores --

fué la hoz; inicialmente sus funciones se efectuaban con una quijada de oveja, como las descubiertas en Siyalk (Irán), pero después comenzaron a utilizarse verdaderos "cuchillos de segar" constituidos por lascas -- rectas de pedernal.

El cimiento de la agricultura neolítica estuvo constituido por los cereales, fundamentalmente el trigo, la cebada y el mijo. Aunque parece que el trigo fué el cultivo más importante, es curioso el hecho de que siempre en los yacimientos sus restos van acompañados de cebada. El trigo más cultivado fué posiblemente el "emmer" (*Triticum diccicum*), especie tetraploide encontrada con mayor profusión en todos los yacimientos neolíticos; incluso los grandes depósitos de trigo que fueron preservados en Egipto desde estos tiempos hasta los romanos, pertenecen a esta especie. También existen evidencias del consumo de leguminosas (en la aldea de Jarmo se han encontrado restos de guisantes y lentejas).

1.3.- Los grandes asentamientos agrícolas de la antigüedad: Egipto y Mesopotamia.

Una vez que el hombre pudo controlar la producción de alimentos, procuró aumentar la rentabilidad del suelo y especializarse en determinados tipos de tareas, por lo que el trabajo resultaba más productivo. La especie humana, mejor alimentada y al amparo de hambres catastróficas, comenzó a desarrollarse prodigiosamente, y esto motivó que cada vez hubiese que dedicar más tierras al cultivo.

Lugares idóneos para el desarrollo agrícola, debido a la fertilidad de sus tierras, lo fueron las cuencas fluviales. En efecto, los valles del Nilo y los del Tigris y Eufrates fueron lugares donde florecieron las primeras civilizaciones. El río proporcionaba al agricultor toda el agua que necesitaba.

Las crecidas anuales del Nilo constituían las formas naturales de fertilización e irrigación de las tierras. Se construyeron diques a

lo largo del valle cuya finalidad era la de retener el agua de manera -- que el terreno quedara bien empapado y no hubiera necesidad de irrigaciones suplementarias; al mismo tiempo, se depositaba el cieno (limo) transportado por las aguas y, de esta manera, el suelo no perdía su fertilidad.

El proceso fué distinto en Mesopotamia, donde el ingenio del hombre puso en marcha sorprendentes sistemas de irrigación. Entre el Éufrates y el Tigris se realizó una red de acequias a varios niveles por donde corría el agua aprovechando el desnivel existente entre ambos ríos. - Los persas, en el segundo milenio antes de Cristo, pusieron en práctica un sistema de riegos conocidos con el nombre de "qanats". Consistía en - unas canalizaciones subterráneas que captan el agua del subsuelo de las montañas y posteriormente salían al exterior para regar los valles. Otro sistema de irrigación, empleado principalmente para elevar el agua desde los pozos o los canales, es el "chaduf" (o báscula); aparece en el 2.500 antes de Cristo y consiste en una larga pértiga que en un extremo lleva una cuerda de la que pende un balde de cuero, y en el otro un contrapeso. La percha va montada sobre un eje sostenido por postes verticales y funciona como una palanca que permite levantar fácilmente el contrapeso, el cual se equilibra después con el peso del balde lleno de agua que de esta manera sube sin esfuerzo.

En general, se puede decir que las técnicas agrícolas progresaron al mismo tiempo que lo hacía el hombre en el dominio de la irrigación. El primitivo palo de escarbar, utilizado en las sociedades recolectoras, e incluso para la siembra en las primeras sociedades agrícolas, se reemplazó por la azada. Esta, trabajada en piedra, madera endurecida, hueso o metal -en el 4.300 a.J.C. ya se conocía el cobre de Sumer- se extendió por todo el mundo. El arado apareció en el cuarto milenio y significó -- una profunda revolución en las técnicas agrícolas. De un lado, aunque - primero fué tirado por el hombre, pronto lo fué por bueyes y ello supuso que, al aplicar una fuente de energía no humana en el proceso de produc-

ción, se pudieran ampliar las extensiones de tierra cultivables. Esto -- trajo como consecuencia una obligada adecuación en la forma de recolec-- tar, lo que comporta el perfeccionamiento de la hoz, fundamentalmente pa-- ra la recolección de cereales. Este instrumento evolucionó hasta unas -- formas parecidas a las actuales y eran contruídos en madera curvada o -- hueso -en los que incrustaban pedazos de sílex- como los hallados en -- Egipto. En Mesopotamia se han encontrado hoces a base de barro cocido en las que, a manera de filo, se había incrustado igualmente, un pedazo - de sílex. Por otra parte, el arado significó una mejora técnica con res-- pecto a la azada, consiguiendo surcos simétricos y poco profundos en los que depositar las semillas.

El hallazgo de las "tablillas de Sumer" ha permitido conocer la depurada técnica de la agricultura que ya se ejercía en Mesopotamia 3.000 años antes de Cristo. Existía un verdadero manual de técnicas y consejos para al agricultor. Así, por ejemplo, se sabe que las tareas de arar y - sembrar llegaron a realizarse simultáneamente; para ello, el arado lleva ba un recipiente con un conducto estrecho y largo por el que caían las - semillas. La recolección se hacía formando equipos contruídos por tres hombres: el recolector, el gavillador y un tercero cuya misión no está - clara. Posteriormente, se realizaba la trilla que iba seguida de aventamiento del grano para limpiarlo. En muchas ocasiones el grano era secado al sol o tostado para facilitar así su molienda o asegurar una larga con servación. También se mejoraron los sistemas de preparación del suelo me diante barbechos, algunos de hasta varios años, y se empezaron a utili-- zar los primeros abonos de origen animal.

1.4.- La antigüedad Grecorromana.

Mucho antes de que la civilización griega iniciara su apogeo ya habían sido establecidos los fundamentos de la agricultura. Estaban descubiertos los sistemas de selección de las plantas así como los momentos

óptimos de su cosecha y de su siembra. Se habían perfeccionado las técnicas agrícolas de la cosecha: la siembra, la trilla y el almacenamiento de los frutos, así como los sistemas de acondicionamiento de los alimentos. Se habían desarrollado técnicas culinarias y de elaboración de bebidas alcohólicas, tales como el vino, la cerveza, distintos licores, y un largo etc. de actividades relacionadas de alguna manera con la agricultura.

Las mejoras introducidas en este periodo van ligadas, fundamentalmente, a perfeccionar más lo que de una manera u otra ya se conocía.

En Grecia llegó a practicarse la rotación de cultivos e incluso llegó a establecerse algún método de cultivo intensivo.

Con el desarrollo del Imperio romano, países que antes habían tenido una pobre agricultura se hicieron importantes productores de alimentos. Se empleaban todos los tipos de sistemas agrícolas, con una elección que dependía de la naturaleza de los mercados inmediatos. Se generalizó el empleo de útiles más especializados y evolucionados. Se crearon arados de diversos tipos que se ajustaban a la naturaleza del suelo y al sistema de agricultura previsto; había una instrumentación amplia y variada, llegando incluso a utilizarse máquinas agrícolas, tales como segadoras provistas con dientes metálicos.

La agricultura romana utilizaba preferentemente los suelos blandos y se basaba en el cultivo bienal, de modo que un año de cada dos el suelo descansase. Este sistema se imponía a causa de la insuficiencia de abonos. Los agrónomos romanos habían advertido las ventajas de lo que será el cultivo trienal, pero los veranos mediterráneos, excesivamente secos, impedían que las siembras de primavera se desarrollasen. Recurrían a los estiércoles de pájaros, humanos y de ganado; el abono vegetal no era desconocido, especialmente el formado por los altramuces y arvejas verdes. Empleaban también como fertilizantes las cenizas, cuyas características como abono describió COLUMELA.

Sin embargo, la falta de abonos fué un factor fundamental en el cultivo de la tierra. La sequía estival hizo imposible el cultivo en gran escala -especialmente de tubérculos- fuera de los regadíos y obligaba a -enviar los rebaños a la montaña con lo que se perdía el valor de sus abonos casi la mitad del año. Para sufrir, de alguna manera, la escasez de -- abono y de humedad se recurría a periodos de barbecho y a la realización de frecuentes labores de arado. Las rotaciones de cultivo se empleaban -- allí donde las condiciones climáticas lo permitían.

Respecto a los útiles empleados, hay que hacer mención al arado - sin ruedas tirado siempre por bueyes, ya que la forma del cuello de estos animales hacía muy eficaz la utilización del yugo. El azadón plano o dentado se utilizaba para el trabajo profundo del suelo. La grada era utilizada para nivelar el suelo y conservar en buen estado la limpieza de los barbechos.

Los cereales cultivados fueron fundamentalmente el trigo, la cebada y la avena. Entre los árboles frutales destacan el manzano, el ciruelo y cerezos. En Grecia destacó el cultivo de las higueras, la vid y el olivo. Los cultivos hortícolas también alcanzaron gran profusión.

En cuanto a obras literarias relacionadas con el tema son destacables la de AULO CORNELIO CELSO, que en los tiempos de Tiberio compiló un gran manual de cinco libros sobre agricultura, y la "Historia natural" de PLINIO EL VIEJO (23-79 d.d.C.). Pero quizás la obra más sobresaliente sea la de LUCIO JUNIO COLUMELA (siglo I d.d.C.) "De re rustica", la cual -- consta de doce libros que constituyen un manual completo sobre economía y técnica agrícola.

1.5.- La agricultura en la Europa Medieval.

La primera parte de la alta Edad Media fué un periodo oscuro y de cierto retroceso, caracterizado por las invasiones y la decadencia in-

telectual. Es a partir del siglo XI cuando se redescubre la herencia clásica, aunque su conocimiento queda prácticamente restringido a las abadías. Aparecieron algunas obras agronómicas, aunque en realidad eran recopilaciones, tales como las de WALTER DE HANLEY "Dite de Hosebøndrie" - en Inglaterra (hacia 1.250) y la del boloñés PIETRO DE CRESENZI "Ruralium commodorum opus" (hacia 1.305).

El lento progreso agrícola registrado en esta época se circunscribe al utillaje y a los sistemas de cultivos.

A finales del siglo XIII un arado pesado reemplazó según parece, al ligero arado mediterráneo, por lo menos en los grandes latifundios. Este arado estaba equipado con una reja (o cuchilla) para cortar la superficie herbosa, una reja horizontal para abrir el surco y una vertedera para voltear y pulverizar el suelo. Las ruedas, al constituir un punto de apoyo, permiten el cultivo de suelos duros y la destrucción de las plantas de raíces largas. Al hacer surcos más profundos, se elimina también la necesidad de arar en cruz, introduciéndose así el sistema de arar largas franjas con surcos paralelos y se pudieron ampliar las áreas dedicadas a terrenos de cultivos.

Otro utillaje que contribuyó a que el trabajo del campesino ganase en eficacia fué: el rastrillo, que permite cubrir los sembrados; la larga guadaña, que reemplazó muy lentamente a la hoz y permitía cortar el trigo más alto, facilitando el secado de las gavillas y dejando a disposición del ganado un rastrojo más abundante después de la cosecha; el mayal para la trilla; la difusión del molino, etc.

También es destacable el arraigo que tuvo, a lo largo de los siglos XII y XIII, el uso del caballo en las tareas agrícolas. Ello fué debido al empleo de un atalaje adecuado, tal y como sucedió con la aparición y perfeccionamiento de la collera. El caballo, mucho más rápido que el buey, incrementó la eficacia del trabajo.

Los sistemas de cultivo también sufrieron algunas mejoras. La práctica dominante durante mucho tiempo fué la labranza bienal, pero se fué consiguiendo un cierto orden en los cultivos, y la principal innovación fué la inserción de los cereales de primavera y, sobre todo, la --avena. De esta manera se conseguía un aumento en la cosecha y ocupar en producir los dos tercios -en lugar de la mitad- de las tierras de labrantío.

Se utilizaron -al igual que lo hicieron los romanos- abonos animales y verdes e incluso el abono de marga, pero generalmente eran insuficientes y, por ello, el rendimiento mediano.

1.6.- El mundo moderno

Los siglos XVI y la mayor parte del XVII se caracterizaron por constituir un estancamiento en el desarrollo instrumental técnico y de los métodos de cultivo, que seguirían siendo los mismos que los de la -Edad Media. El uso del hierro en los aperos de labranza seguía limitado a recubrir aquellas partes de madera que tenían un mayor desgaste por -su contacto directo con la tierra. El sistema de los tres campos mantenía improductiva un tercio de la superficie disponible.

En el siglo XVII comenzó a utilizarse en algunas granjas holandesas un método que -introducido durante el siglo siguiente en Inglaterra- llegó a ser conocido como el "sistema Norfolk". Consistía en que se había comprobado que ciertos cultivos -especialmente legumbres- "reanimaban" el suelo en lugar de agotarlo. Mediante la rotación de ciertos productos alimenticios, como guisantes, habas, o forrajeras como el trébol -con trigo, avena, cebada y otros cereales, se podía mantener el rendimiento del suelo sin la interrupción de los periodos de barbecho. En muchos casos, el lugar que éste ocupa en la antigua rotación lo tomó una raíz -de invierno o un forraje cultivado y el sistema tradicional cedió el paso a una nueva rotación de cuatro fases: trigo, trébol, cebada o avena,

nabos, por ejemplo. Con ello mejoró también substancialmente la previsión de víveres para animales, lo que repercutía en el labrador -al desarro-- llarse la cría de ganado- en una mayor cantidad de abono animal, lo que significaba una mejora en las cosechas.

La búsqueda de mecanismos de todas clases que ahorraran trabajo - se hizo particularmente intensa en la Inglaterra rural del siglo XVIII. - Ya en 1636 se había patentado una trilladora consistente en varios maya-- les accionados por manivelas, aunque la primera trilladora realmente útil fué inventada en 1788 por Andrew MEIKLE y trabajaba según el principio -- del tambor rotativo. A mediados del siglo se empezaron a popularizar algu-- nos tipos de sembradoras, entre las que cabe destacar el modelo de Jethro TULL. A finales del siglo XVIII comenzaron a aparecer arados totalmente - de hierro.

El descubrimiento de América hizo que -aunque con reservas- se em-- pezasen a introducir nuevas plantas en la agricultura europea. Entre -- ellas, y por la importancia alcanzada, cabe destacar la patata, seguida - -quizás- del tomate. Otras plantas que han llegado a tener una importan-- cia de primer orden son: el frijol -del que se conocía ya una variedad en el mundo romano-, el girasol, la calabaza y el pimiento.

En este tiempo comienzan las primeras tentativas con una cierta - base científica encaminadas al conocimiento de la planta y al incremento de la producción agrícola. Es realmente la época de los precursores de la Agrobiología. Son notables los trabajos de VAN HELMONT y WOODWARD buscando el "principio de la vegetación". Una de las sociedades que se crearon en la segunda mitad del siglo XVIII para impulsar el desarrollo de la --- agricultura -concretamente la Edimburgh Society, de Gran Bretaña- encargó en 1757 al químico Francis HOME que determinara hasta qué punto podía la química fijar los principios de la agricultura. HOME consideró que todo el arte de la agricultura descansa sobre el principio de la alimentación de las plantas y, a través de una serie de investigaciones en las que usó el

método de cultivo de tiesto, llegó a la conclusión de que no es una, si no varias, las sustancias nutritivas: aire, agua, tierra, sales varias, aceite y "fuego en estado fijo".

WALLERIUS, en su obra "Fundamentos químicos de la Agricultura", estableció que, de las sustancias que contribuyen al crecimiento vegetal, el humus es la verdaderamente nutritiva.

PRIESTLEY (1775) afirma que "las plantas, en lugar de afectar - el aire de la misma manera que la respiración animal, invierten los efectos y tienden a mantener la atmósfera purificada", pero fué necesario es perar a la teoría de LAVOISIER sobre la oxidación para explicar científicamente ese comportamiento. Fué INGENHOUSZ (1797) quién demostró que la purificación del aire por las plantas ocurría sólo en presencia de la luz.

1.7.- Los siglos XIX y XX

A partir del siglo XIX comienza un proceso que se puede catalogar de verdadera revolución para la agricultura. El arranque se inicia - con la utilización de los abonos químicos como consecuencia de los prime ros conocimientos sobre la nutrición de las plantas y con el desarrollo de la nueva maquinaria agrícola. Lo primero, además de aumentar extraordinariamente la fertilización de la tierra y de permitir nuevos métodos de cultivo, independizó al agricultor del abono animal dejando de ser la cría de ganado una rama indispensable de la agricultura. Lo segundo, no solamente aumentó la eficiencia del trabajo del agricultor, sino que liberó mucha tierra dedicada al cultivo de forrajes para los animales de - trabajo, al mismo tiempo que, al reducir el periodo necesario para la -- siembra y la recolección, posibilitó la utilización de tierras margina-- les.

Comienza de esta manera una nueva etapa que se caracteriza por la decidida aplicación de los conocimientos científicos a la actividad -

agrícola, iniciándose -en algunos casos y desarrollándose en otros- todas aquellas parcelas del saber que puedan mejorar las prácticas agrícolas y que en un sentido amplio, constituyen lo que se denomina Agrolología.

1.7.1.- Desarrollo de la instrumentación agrícola

A comienzos del siglo XIX los países adelantados completaron - el paso hacia un arado totalmente hecho de hierro.

Después de 1850 se aplicó la energía del vapor a las tareas de labranza al introducirse el sistema de roturación por cable, en el cual las máquinas de vapor colocadas en ambos extremos del campo arrastraban el arado a través del mismo mediante cables. Este fué el principal sistema de roturación mecánica hasta 1918 en que comenzó a ser desplazado - por el tractor.

Las primeras máquinas segadoras y cosechadoras comenzaron a utilizarse hacia mediados del siglo XIX. El paso siguiente fué la cosechadora combinada, máquina para segar y trillar el trigo al mismo tiempo. Hacia finales del siglo se habían perfeccionado máquinas emparvadoras esencialmente modernas. En 1918 ya se habían desarrollado máquinas que mecanizaban los procesos agrícolas de arar, cultivar, sembrar, cosechar y -- trillar cereales, así como los diversos procesos de emparvado y algunos de los vinculados con la cosecha de raíces, además de diversas máquinas de otros tipos. El tractor comenzaría a convertirse en la gran "vedette" de la mecanización a partir de 1910.

Entre las nuevas máquinas agrícolas que comienzan a usarse en - la década de los años 30 destaca la "gyrotiller", que rotura por acción de cuchillas que giran debajo de la tierra a medida que se desplazan sobre una oruga de tracción. A partir de aquí se comenzaron a mecanizar la práctica totalidad de los cultivos, como, por ejemplo, el algodón, la patata, la remolacha, etc. Hacia 1943 se contaba con cosechadoras de remo-

lacha que arrancaban la planta, cortaban las hojas y la depositaban en filas a ciertos intervalos.

Entre la maquinaria básica, ya hace varias décadas que se incluyen: tractores, fumigadores, trilladoras, sembradoras, gavilladoras, y un largo etc.

Este proceso de mecanización ha ejercido una influencia muy favorable sobre el rendimiento porque permite que la preparación de la tierra sea eficaz, se consigue una mejor colocación de la semilla, una aplicación uniforme de los productos fitosanitarios y una recolección en su justo momento.

1.7.2.- La agricultura científica

Sin embargo, quién verdaderamente ha contribuido a la gran mejora obtenida en los rendimientos agrícolas ha sido la racionalización de los métodos y técnicas de cultivo y fundamentalmente la aplicación de los conocimientos científicos de la agricultura.

Theodore de SAUSSURE fué el creador del método experimental --cuantitativo que dió origen a la Química Agrícola y constituye hasta hoy el fundamento de todo trabajo científico. En 1804 publicó su libro "Investigaciones acerca de la Vegetación". Sus experimentos con cultivos de plantas en ambientes gaseoso controlado le permitieron comprobar --mediante análisis eudiométricos y de cenizas de plantas-- los siguientes hechos:

a.- El consumo de O_2 y la emisión de CO_2
 b.- El proceso inverso en presencia de luz, es decir, la asimilación del carbono a partir del CO_2 atmosférico.

c.- La absorción de las sustancias minerales del suelo por las raíces mediante el análisis de las cenizas, demostrando que son esenciales para el desarrollo vegetal a pesar de representar sólo una pequeña parte del total de la materia vegetal.

d.- Tanto el carbono, como el O_2 y el hidrógeno son aportados - por el aire y el agua para formar la materia seca de las plantas.

e.- Todo el nitrógeno procede del suelo y no del aire.

No obstante lo acertado de las conclusiones anteriores, éstas - no fueron aceptadas debido al eco que había obtenido la teoría del Humus de WALLERIUS.

BOUSSINGAULT fué el primero que utilizó los experimentos de campo (1834); sus conclusiones fueron muy similares a las de Saussure, pero como él, también fué ignorado.

LIEBIG con su obra "La Química aplicada a la Agricultura y la - Fisiología" sentó definitivamente las bases de los nuevos conocimientos. Se le considera el introductor de los abonos artificiales que él mismo - preparó y patentó. Enunció su famosa "Ley del mínimo" cuyo contenido si- gue en plena vigencia hoy día.

LAWES y GILBERT crearon en 1834 la Estación Experimental de Ro- thamsted, siguiendo, en un principio, con las líneas de trabajo iniciada por Boussingault respecto a la nutrición y producción vegetal. Los traba- jos de éstos y de otros investigadores condujeron posteriormente al des- cubrimiento de hechos fundamentales, como la asimilación del nitrógeno - atmosférico y la nitrificación, quedando asentadas las bases de los ac- tuales conocimientos de la nutrición de las plantas.

En esencia, las bases científicas que han contribuido a revolu- cionar la producción agrícola han sido: el conocimiento de los suelos, - biología de los mismos, genética y fisiología de las plantas y el concur- so de la Química.

La Edafología -nacida en la Estación Experimental de Rothamsted- ha sido fundamental para la nueva agricultura; el conocimiento del suelo, de sus propiedades mecánicas, físicas, químicas y biológicas, han permi- tido no sólo mejorar y adecuar las cosechas sino también hacer frente al

grave problema de la erosión y pérdida de suelos fértiles con que se encontraba la humanidad a principios del siglo XX.

Al mismo tiempo, la fisiología vegetal ha ido haciendo enormes progresos en el conocimiento de las plantas y en su comportamiento frente a los factores climáticos. Se ha aprendido a diagnosticar y curar sus carencias alimenticias y a potenciar su producción con el uso de productos apropiados. Por otra parte, los genetistas de las plantas se esfuerzan en la búsqueda de variedades perfeccionadas que mejor se adapten a un clima particular, a un determinado suelo, humedad, resistencia a la enfermedad, etc.. De esta manera se ha conseguido, por ejemplo, el cultivo de plantas determinadas en regiones donde antes era totalmente imposible.

La Química ha desarrollado una gran industria de fertilizantes cuya demanda crece de día en día, así como multitud de productos cuya finalidad es luchar contra los insectos, enfermedades de las plantas y malas hierbas, causas que constituyen serios factores antiproduktivos. -- Prácticamente todas las ramas de la química contribuyen hoy día a aumentar la calidad y cantidad de cosechas.

Pero el desarrollo y, especialmente, la aplicación del conocimiento habían de ser sometidas a prueba en el campo, en las variadas condiciones de suelo, clima y topografía que los agricultores de las diferentes regiones tienen que afrontar.

Aunque buena parte de este nuevo saber ha llegado a la Agricultura desde el laboratorio científico y por tanto los principios básicos tienen una validez general, este conocimiento sólo se hace útil cuando los problemas de aplicación quedan resueltos en sus propios marcos. Por ello, las Estaciones Experimentales Agrícolas cuya característica esencial es el cultivo y desarrollo de las Ciencias que sirven para mejorar las prácticas agrícolas, han pasado a ser un rasgo básico de la estructura agrícola en la mayoría de los países.

Para poder utilizar los frutos científicos, el agricultor moderno necesita saber muchas cosas: cómo conseguir un análisis de su suelo y determinar qué cultivos y abonos son los convenientes; cuál es el estado nutritivo de sus plantas; qué método de labranza le puede proporcionar - los más altos rendimientos; qué productos químicos tiene que emplear en la lucha contra plagas y cizañas y en qué proporciones; qué cantidad de humedad precisa y cual es el mejor método de aplicarlo; como conservar - su equipo agrícola y mantenerlo, y así un largo etc.. de cuestiones sin olvidar las relativas a la gestión de la base financiera de su inversión en la granja y de la comprensión de los mercados para sus productos. En definitiva, el agricultor moderno tiene que comprender y dirigir los recursos que la ciencia y la tecnología ponen a su disposición.

Por ello, los gobiernos de los distintos países crearon toda -- una infraestructura con los medios adecuados para la divulgación y el -- conveniente asesoramiento al agricultor, así como legislaciones orientadas a obtener un mayor perfeccionamiento agrícola. Se trataba -en suma- de ir creando un ambiente de agricultura avanzada en el que el hombre - del campo no estuviera gobernado por la tradición y la "sabiduría popular", sino introducido en la corriente del pensamiento científico racional.

A pesar de la creación, en 1945, de la Organización para la Alimentación y la Agricultura -como la primera de las Agencias de las Naciones Unidas- lo que ponía de manifiesto el sentido de urgencia con el que los países del mundo habían llegado a considerar los problemas de la alimentación y de la agricultura a mediados de siglo- hoy día, el problema del hambre sigue teniendo una dramática actualidad. Sin embargo y gracias al progreso técnico y científico, las cosechas actuales distan mucho de las potenciales para muchos lugares de la Tierra y aún es posible cultivar vastas extensiones de terreno. DUDAL en 1978 (cit. CARPENA, 1980) indica que hasta ahora sólo se aprovecha con fines agrícolas una tercera - parte del potencial de suelos de la Tierra y este último autor afirma: -

"El medio más importante, sin duda, para aumentar la producción agrícola estriba en la consecución de una mayor rentabilidad del proceso fotosintético. Desde que la agricultura está más tecnificada, se puede incrementar substancialmente el nivel ordinario de producción; pero aún así la eficacia de la conversión de la radiación fotosintética activa es baja. Estamos aún muy lejos de los niveles de 15 Tms/Ha en cereales o de --- 100 Tms/Ha en patatas o remolacha".

Estas palabras ponen de manifiesto cuál es el camino a seguir. Los problemas son muchos, de distinta naturaleza, afectan a estamentos - muy distintos, incluso a concepciones o formas de entender la vida. Pero hay una cosa clara: el futuro está en nuestro empeño.

2.- ANALISIS FOLIAR: FUNDAMENTOS, OBJETIVOS ACTUALES, METODOLOGIA E INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS.

2.1.- Fundamentos del análisis foliar.

En un reciente trabajo, con motivo del homenaje al Prof. Hoyos de Castro, CARPENA y col. (1982) escribían:

"La vida entera en nuestro planeta y en particular la del hombre, está condicionada fundamentalmente a la actividad de las plantas superiores, en cuyo seno se realiza la fotosíntesis. Estamos -- por ahora subordinados a ellas y, presumiblemente, en mucho tiempo.

El rendimiento global del proceso fotosintético podría expresarse como una función compleja dependiente principalmente de los factores planta, clima, nutrientes y energía, cada uno de los cuales -- son a la vez una función.

.... conseguir la eficacia máxima en la utilización conjunta de los factores citados, es un objetivo básico.

.... la capacidad de los vegetales superiores para la fotosíntesis raramente es un factor limitante. Son los nutrientes, incluido agua

y temperatura, los que realmente suelen afectar al crecimiento de las plantas y en consecuencia el rendimiento fotosintético, y matizando aún más, es posible que los problemas nutricionales sean más serios para el futuro de la Agricultura que los cambios climáticos.

Un camino, desde luego parcial, pero susceptible de grandes -- avances, consiste en prestar mayor atención a la problemática que -- presenta la nutrición mineral de las plantas cultivadas. En tanto -- no sea factible acometer conjuntamente todos los factores que afec-- tan a la función del rendimiento, puede ser eficazmente operativo -- un análisis más profundo de este aspecto".

El primer investigador en concebir el análisis de la planta co-- mo una determinación del contenido nutritivo "normal" fué HALL (1905). -- Ello constituía un método biológico para determinar la fertilidad de un suelo puesto que cualquier desviación de ese contenido normal podía usar-- se como guía para la fertilización de la cosecha.

Estas apreciaciones no tienen mucho éxito y siguió siendo el -- análisis de suelos el método utilizado para conocer las deficiencias nu-- tricionales de un cultivo.

Sin embargo, las muchas dificultades encontradas en la interpre-- tación de los análisis de suelo, fue la causa que motivó la vuelta al -- análisis químico de las plantas, aunque ahora ya no se utilizaba la plan-- ta total para fines de diagnóstico, sino que fue substituida por partes de ella; la experiencia demostró que no era aconsejable utilizar la plan-- ta dada la heterogeneidad de los distintos órganos, los cuales poseen -- funciones muy diversas y, por tanto, diferentes "status" nutricionales; además, el contenido de nutrientes de los tejidos inactivos o muy acti-- vos pueden enmascarar y hacer perder sensibilidad a la detección de és-- tos (LUNDEGARD, 1951).

Al irse incrementando los conocimientos de fisiología vegetal se fue creando una base científica a los análisis de tejidos vegetales -entre ellos la hoja- como medio para conocer las necesidades nutricias de las plantas. Además, la experimentación con fertilizantes y sus efectos sobre el contenido de nutrientes y en la producción, fue acumulando una serie de datos que mostraron relaciones parciales importantes entre estas variables.

El análisis foliar, como técnica de diagnóstico de las necesidades nutritivas de las plantas, se basa en el hecho de que la hoja, -- principal órgano de elaboración de sustancias para el crecimiento y desarrollo, requiere una determinada concentración de cada uno de los nutrientes esenciales para el normal desenvolvimiento de las funciones -- que en ella tienen lugar y de las cuales depende, en último extremo, la producción.

Es a partir de 1920 cuando el análisis químico de la planta alcanza un gran desarrollo gracias a los trabajos de LUNDEGARDH. en Suecia, LAGATU y MAUME en Francia y THOMAS y MARCK en E.E. U.U.

LUNDEGARDH (1951) describe las bases fisiológicas del análisis foliar como dependientes de dos procesos generales:

- a) Absorción y distribución de los elementos minerales por las plantas.
- b) Una relacion causa-efecto entre los nutrientes absorbidos y el crecimiento.

THOMAS (1937) fundamenta el método de "diagnosis foliar" en los siguientes hechos experimentales:

- a) Hojas morfológicamente homólogas, de plantas de la misma especie que crecen en el mismo medio, tienen una composición muy similar.
- b) Cuando las plantas crecen en un medio deficiente, las hojas poseen gran sensibilidad para reflejar los tratamientos con fertilizantes.

c) La composición de la hoja está estrechamente ligada con la producción.

2.2.- Objetivos del análisis foliar.

De acuerdo con ALDRICH (1973) el análisis de la planta se realiza para conseguir algunos de los siguientes fines:

1) Para diagnosticar o confirmar síntomas visibles de deficiencia.

2) Para localizar áreas de posibles deficiencias incluso antes de que se puedan manifestar visualmente, es decir, antes de que lleguen a ser francamente agudas. En este caso, el análisis foliar irá complementado con el análisis de suelo.

3) Para indicar si los nutrientes aplicados entraron en la planta. De esta forma se puede conocer si el fertilizante empleado fué bloqueado por alguna reacción del suelo o si fué absorbido pero no promovió acción eficaz.

4) Identificación de problemas ocultos, cuya única manifestación suele ser falta de vigor y cosecha reducida respecto a la potencial.

5) Para señalar interacciones o antagonismos entre nutrientes, lo cual puede acelerar el desarrollo de soluciones a problemas prácticos.

6) Para facilitar el conocimiento del funcionamiento interno de las plantas; así, los análisis periódicos muestran la movilidad de los elementos dentro de la planta y las zonas de concentración que pueden sugerir donde existe la mayor necesidad de ciertos nutrientes para procesos metabólicos.

2.3.- Metodología del análisis foliar

2.3.1.- Toma de muestra.

Es evidente que la perfecta y esmerada ejecución de todo el entramado del análisis foliar -preparación de la muestra, mineralización - de la misma, determinaciones analíticas e interpretación de los resultados obtenidos- no tendrá gran valor si el material que va a ser objeto - de dicho análisis no fuese el más adecuado y representativo posible.

Por ello, la primera cuestión a decidir es qué tipo de tejido se va a utilizar.

La parte de la planta que se ha de elegir para analizar, depende de la finalidad para la que se realiza el análisis. Si se utiliza para - emitir un diagnóstico de deficiencia o toxicidad, solamente se han de -- utilizar tejidos cloróticos, pero si ha de ser utilizado como índice del estado de nutrición, la elección del tejido adecuado es mucho más complejo.

LUNDEGARDH (1954) señala que analizar la totalidad de la planta puede ser inadecuado porque los elementos minerales en tejidos inactivos pueden enmascarar diferencias funcionales.

Han sido muchos los trabajos encaminados a dilucidar qué parte - de la planta sería la más adecuada para muestrear. Para la mayoría de -- los cultivos ha sido la hoja, pues la sensibilidad a los cambios de su - composición mineral ante variaciones del medio, junto con las transformaciones físico-químicas que tienen lugar en ellas y que regulan el crecimiento y desarrollo, así como la evidencia experimental de las interrelaciones entre los elementos en este tejido, lo hacen el más idóneo para - el análisis. Por otro lado está su gran asequibilidad.

Una vez que para la mayoría de los cultivos queda establecido la idoneidad de la hoja como órgano preferente de muestreo, surge la pregunta

ta de si ésta debería usarse completa o sería más adecuado la utilización del peciolo o bien la de la lámina. En este punto las opiniones están divididas, pero para algunos cultivos, entre los que destaca la vid, parece ser que el peciolo es el tejido más adecuado (ULRICH, 1948, COOK y KISHABA, 1956). Para árboles frutales se usa generalmente la lámina -- junto con el peciolo (WALLACE, 1951; BOYNTON y COMPTON, 1944, en manzanos; LILLELAND y BROWN, 1941; MCCLUNG y LOTT, 1956 en melocotón; PROEBSTING y BROWN, 1954 para ciruelo, albaricoque y peral; PROEBSTING y WARNER, 1954 en higuera; en cítricos lo utilizaron REUTHER y SMITH, 1954).

Aún cuando la importancia de la hoja es grande, tal y como se ha reseñado, para el estudio del estado de nutrición de la planta, existen, sin embargo, otros tejidos que pueden ser indicadores más sensibles para algunos elementos. SMITH y SPECHT (1953) y SMITH (1956) afirman que, para metales pesados, las raíces constituyen el material analítico más -- adecuado. ASKEW y THOMPSON (cit. BOULD, 1960) indican que en manzano es preferible el estudio del fruto al de la hoja para diagnosticar una deficiencia en boro.

En general y de acuerdo con NICHOLAS (1956), parece ser que no -- hay un órgano específico que sea quien siempre mejor represente el estado nutritivo de cualquier cultivo en cualquier situación; pero, sin embargo, es la hoja con el peciolo la más adecuada para la mayoría de los cultivos, mientras que el peciolo sólo es preferido en algunos casos como el ya anunciado de la vid, y también para realizar "test" rápidos de tejidos.

Un segundo aspecto importantísimo a tener en cuenta en la toma -- de muestra es cuando debe ser ésta realizada y/o qué tipo de hoja se debe tomar cuando la planta es de hoja perenne.

La mayoría de los estudios indican que la edad de la hoja es uno de los factores que más debe tenerse en cuenta, ya que, generalmente, -- hay tres variaciones importantes en la composición mineral que son fun--

ción de la edad de la hoja. Primero, hay un gran aumento del contenido de elementos nutritivos en las hojas jóvenes durante el desarrollo. Segundo, las hojas sufren un periodo de cambio cuando se aproxima la senescencia y los elementos móviles emigran. Tercero, existe un periodo relativamente estable, de unas pocas semanas o meses, donde los cambios minerales son mínimos.

EMMERT (1959) señala que los datos analíticos obtenidos durante el tercer periodo son, en la mayoría de los casos, los más útiles para el diagnóstico foliar. Este periodo está representado por aquellas hojas recién llegadas a la madurez. Estas serán buenos indicadores de posibles deficiencias ya que, cuando éstas existen, algunos nutrientes son transportados desde ellas a los órganos en crecimiento (BELEY, 1957; MURAYAMA, 1957).

Existen fluctuaciones diurnas respecto a la concentración de nutrientes, aunque, en general, poseen poco peso estadístico sobre el resultado. A este respecto, STEYN (1961) encontró para hojas de cítricos y de piña americana que las concentraciones de N, P, K y Ca eran algo más elevadas en días soleados y entre las diez de la mañana y las dos de la tarde. Las concentraciones eran algo inferiores en días nublados. El Fe y el Zn no eran prácticamente afectados por la hora del muestreo.

En todo caso, cualquiera que sea la época en que se realice el muestreo, siempre será coincidente con aquella en que se han recolectado las muestras para la obtención de los patrones de comparación, debiendo hacerse coincidir esta época con el periodo en que la mayoría de los elementos se encuentren más estables. Pero si la finalidad del análisis es corregir deficiencias en esa misma cosecha, es preciso realizarlo en una época en la que la planta aún pueda responder al abonado que fuera necesario aplicar. En cultivos anuales se sabe que después de la floración la asimilación de nutrientes es baja, especialmente para algunos de ellos (DEMOLON, 1966; TANAKA, 1961); sin embargo, muchos de los trabajos

efectuados toman la iniciación de la floración como fecha para el muestreo (ROCHE y col., 1953; TYNNER, 1947; GONZALEZ y col., 1972) por lo que los datos obtenidos sólo servirán para la próxima cosecha.

Un tercer aspecto a tener en cuenta es que la muestra debe de ser representativa de todos los sectores del cultivo que se desee estudiar, debiendo obtener, además, la cantidad necesaria para efectuar los análisis correspondientes.

Los factores a tener en cuenta son, fundamentalmente: Variación dentro del mismo árbol y variación entre árboles. Respecto a lo primero, SMITH y col. (1954) encontraron que el uso de treinta hojas seleccionadas para representar un árbol de citrus daba resultados de una precisión comparable a la obtenida usando la totalidad de las hojas. Similares resultados fueron obtenidos por STEYN (1961).

CHAPMAN y BROWN (1950) y KOO y SITES (1956) estudiaron, en citrus, la influencia que ejerce la altura y orientación de las hojas dentro de un mismo árbol.

LOTT y col. (1956) encontraron en plantas de cafeto que la mayor fuente de variabilidad entre muestras se daba entre las obtenidas de un mismo árbol. Estos resultados están en franca contraposición con los obtenidos por LACHICA y col. (1965) para olivo. Estos investigadores encuentran que la variación entre árboles es la causa que más contribuyó a la varianza total del análisis estadístico y que la variación entre muestras tomadas sobre un mismo árbol tiene menor peso estadístico incluso que la variación debida a los análisis.

El número de plantas que se deben muestrear dependen de una serie de factores, tales como el estado general de las plantas, homogeneidad del suelo, finalidad del muestreo, etc; lo ideal sería hacer muestreo de tantas plantas como fuese posible.

STEYN (1961) llevó a cabo un estudio estadístico de muestreo so-

bre árboles de citrus y de piña americana. Sus resultados indican que -- para que una determinada área quede representada se debe muestrear varias veces al menos el 10% de la misma.

BEUTEL y col. (1978) indican que para frutales de hoja caduca - las muestras patrón contienen entre 60 y 100 hojas, aunque en este número influye el tamaño de las mismas. Para pequeñas parcelas indican que - se tomen 10 hojas de cada árbol y que el muestreo se realice entre un número de árboles comprendidos entre 4 y 8.

No se deben recoger muestras de plantas que estén cubiertas por el suelo o por excesivo polvo; tampoco de aquéllas que estén dañadas ya sea por insectos o por otras causas. Tampoco se recomienda tomar tejido muerto. No se debe muestrear en condiciones pasajeras de "stress" ocasionado por falta de humedad o exceso de temperatura.

En cuanto a técnicas de muestreo quizás el conjunto más extenso de procedimientos ha sido dado por CHAPMAN (1964). KENWORTHY (1964) preparó una guía para frutales, nogal y cultivos de plantación. JONES y col. (1971) también han publicado una serie de procedimientos para cultivos - de campo, hortícolas, frutales, nogal y plantas ornamentales.

Más información sobre este particular se puede leer en REISENAUER (1978).

Por último, citaremos las técnicas dadas por CARPENA y col. (1966, 1967 y 1972) para cítricos y las recomendaciones de RECALDE y ESTEBAN - (1964) para olivo.

2.3.2.- Transporte y almacenamiento del material vegetal fresco.

Sucede con bastante frecuencia que las muestras no pueden ser sometidas al proceso de lavado o secado inmediatamente después de la recolección. Ello puede estar originado por un acúmulo de las mismas o por - la distancia existente entre el punto de muestreo y la ubicación del laboratorio.

En cualquier caso hay que asegurarse de que tanto el transporte como el almacenaje anterior al lavado se realicen en forma satisfactoria para evitar pérdidas en peso por respiración y descomposición y para no introducir contaminaciones.

A este respecto, STEYN (1959) demostró que el material vegetal recién recogido no se descompone significativamente durante el primero o dos primeros días siempre que se mantenga en contacto directo con la atmósfera. La descomposición es mayor cuando se mantiene en recipientes cerrados de polietileno. Aconseja que el transporte hacia el laboratorio se haga en recipientes abiertos a la atmósfera, y que una vez allí se al macenen bajo refrigeración (a -5°C) si no se va a proceder inmediatamente al lavado o secado de las mismas; si el transporte es largo debe hacerse en condiciones de refrigeración.

BEUTEL y col. (1978) indican que normalmente las hojas se coloca rán en bolsas de papel y serán transportadas en neveras portátiles. Las bolsas de plástico se usan especialmente cuando la muestra ha de ser con servada fresca durante varios días antes del lavado; en este caso han de ser guardadas en condiciones de refrigeración y protegidas de la luz directa.

EMBLENTON y col. (1978) también indican que cuando el transporte se realiza en neveras portátiles, las muestras pueden ser colocadas en bolsas limpias de plástico, papel o tela porosa y protegidas de temperaturas altas, y serían colocadas en frigorífico al llegar al laboratorio si no se va a proceder al lavado o secado inmediato.

BRADFIELD y BOULD (1963) constataron que el material vegetal -- fresco, apropiadamente envasado en bolsas de papel, durante un periodo de tiempo inferior a 4 días, no sufre cambios apreciables en el peso seco ni en la compsoición vegetal.

EDWARDS (1965) comprobó que el almacenaje en bolsas de politeno era totalmente permisible por espacio de varias horas. SCOTT y URE(1972)

hacen un estudio sobre la idoneidad de los plásticos para envasar material vegetal y dan como más aceptable el polietileno, polipropileno, nylon, perspex, fluón y goma de silicona.

LACHICA y SANCHEZ-ALONSO (1980) estudiaron la influencia que -- ejerce el tiempo de almacenamiento de la muestra sobre la pérdida de elementos minerales durante el proceso de lavado. Trabajando con hojas de olivo, encontraron que los elementos N, P, K, Ca, S, Mn, Cu, Zn, y B no se eluyen durante el lavado aunque la muestra se mantenga almacenada en frigorífico hasta, al menos, 18 días antes del mismo. En cambio, Mg y Fe parecen ser afectadas cuando el lavado se efectúa después de los 3 días de almacenamiento en frigorífico a 2°C.

2.3.3.- Preparación de la muestra.

De acuerdo con STEYN (1959), después del muestreo, el material vegetal es sometido, usualmente, a cuatro diferentes etapas preparativas antes de proceder a realizar la verdadera determinación analítica:

- 1) Lavado del material para eliminar la contaminación superficial.
- 2) Secado de la muestra para detener las reacciones enzimáticas y poder, con posterioridad, proceder a su molienda.
- 3) Molienda mecánica para reducirla a un estado de tenuidad adecuada.
- 4) Secado final hasta peso constante, para así obtener un valor patrón al cual referir los resultados analíticos.

2.3.3.1.- Lavado: Su necesidad y metodología.

Las hojas de las plantas, están, generalmente, contaminadas por una fina capa de polvo del suelo sobre el que viven y se desarrollan. Esta contaminación va a depender de las condiciones y características en que se desenvuelva la planta, del tipo de suelo donde lo hace y de las -



condiciones ecológicas del lugar.

En condiciones de normalidad, lo más probable es que la contaminación del suelo no afecte significativamente los contenidos de macronutrientes y sí lo haga con el de algunos micronutrientes. Por ello, se -- puede decir que, en general, la descontaminación es necesaria dependiendo de los elementos a determinar.

Así, PIENAAR (1955) indica que, en hojas de manzano y peral, el lavado se hace necesario cuando se desea determinar Fe y Mn, debido a la contaminación producida por el polvo adherido a la superficie de las mis mas.

JACOBSON (1945) y ULRICH (1948) aseguran que es imprescindible -- el lavado de las hojas como paso previo a la determinación de Fe.

JONES (1963) encuentra que, después del lavado de hojas de maíz, Fe y Mn son los únicos micronutrientes cuya concentración disminuye; lo mismo le sucede a DAVIS (1970) trabajando con césped.

La necesidad del lavado como paso previo a la determinación de -- Fe también está descrita, entre otros, por MASON (1953) en hojas de cí-- tricos, TAYLOR (1956) en manzano, CHRISTENSEN y WALKER (1964) en cerezo y LACHICA (1967) en olivo. WALLIHAN (1978) señala que cualquier hoja en la que se vaya a determinar Fe debe ser lavada para quedar libre de contaminantes, particularmente del polvo del suelo.

SONNEVELD y VAN DIJK (1982) recomiendan el lavado para diversos cultivos desarrollados en invernadero, en particular para la determina-- ción de Fe y Zn.

STEYN (1959) encontró disminuciones en los contenidos de Fe y Cu, en hojas de cítricos y de piña americana, después del proceso de lavado.

Los resultados de WALLACE y col. (1980) denotan la necesidad del lavado como paso previo a la determinación de Fe, Al, Si, Ti, Y Pb en ho jas de cítricos.

Otros investigadores, tales como BEUTEL y col. (1978) para frutas de hoja caduca, HILLS y ULRICH (1978) en caña de azúcar y LORENTZ y TYLER (1978) en cultivos hortícolas (lechuga, patata, etc.) enuncian que, siempre que se desee determinar micronutrientes, hay que proceder al lavado del material vegetal.

La contaminación debida al polvillo adherido a las hojas es, por tanto, algo que está fuera de toda duda y que ha sido reiteradamente evidenciado por numerosos investigadores. Sin embargo, subyace la duda acerca de hasta qué punto, los elementos presentes en este polvo atmosférico pueden ser absorbidos por las hojas. A este respecto, WALLACE y col (1979) hallan razones suficientes como para decir que los altos niveles de Fe y Al que encuentran en hojas de árboles crecidos en el valle del Nilo, donde la lluvia es muy escasa, son el resultado de la absorción de estos metales por parte de las hojas, a partir del polvo depositado sobre las mismas. Así mismo indican que Si y Ti, y posiblemente pequeñas cantidades de Cu, pueden ser absorbidas por las hojas y que este tipo de contaminación puede llegar a constituir una fuente importante de Mn y Zn. De otra parte, WALLACE y col. (1982), trabajando con hojas de soja, manifiestan que en aquellas plantas que han estado expuestas a cantidades normales de polvo atmosférico, el Fe debido a esta contaminación no es "funcional" y que el lavado, aunque elimina grandes cantidades de Fe, no es lo suficientemente bueno como para permitir diagnosticar la deficiencia de la planta en este elemento.

En general, MITCHELL (1960) afirma que sólo aquellos elementos - cuya razón de contenido "suelo/planta" es superior a 100 son los únicos que pueden alterar, por contaminación superficial, el verdadero contenido de elementos en el análisis de plantas. BESSON y DANIEL (1978) establecen que la contaminación debida a partículas del suelo afecta a los siguientes elementos en orden decreciente: Cr, Fe, Co, Mn, Ni, Zn, Cu, Mo y Cd.

Un aspecto que merece especial atención es el debido a la contaminación que representan los residuos o depósitos que permanecen en las plantas como consecuencia de la aspersión de las mismas con productos plaguicidas o de carácter nutritivo, en particular aquellos a base de Cu, Zn, Fe y Mn.

Un aspecto que merece especial atención es el debido a la contaminación que representan los residuos o depósitos que permanecen en las plantas como consecuencia de la aspersión de las mismas con productos plaguicidas o de carácter nutritivo, en particular aquellos a base de Cu, Zn, Fe y Mn.

Ya SMITH, REUTHER y SPECHT (1950) hallaron que la eliminación mediante lavado de estos depósitos no era satisfactoria, y encontraban valores tan altos que, prácticamente, aconsejaban que las muestras que habían recibido tratamiento mediante aplicación externa con metales pesados o con fungicidas, a base de Zn y/o Cu, no fueran utilizadas en estudios sobre la nutrición.

ARKLEY, MUNDS y JOHNSON (1960) descubren que el lavado es incapaz de eliminar los depósitos de caldo bordelés de los tejidos vegetales.

SMITH (1966) indica que las fumigaciones con "zineb" y/o ZnO sobre cítricos, dan un contenido foliar muy elevado para este elemento, incluso después de un riguroso proceso de lavado. Manifiesta que el lavado elimina los depósitos superficiales exteriores a la cutícula, pero no lo hace con aquellas partículas que atraviesan la epidermis y con las que quedan localizadas en el AFS (espacio libre aparente).

Análogamente, BEUTEL y col. (1978) manifiestan que cuando se han realizado tratamientos aéreos con micronutrientes, éstos no son eliminados satisfactoriamente de las hojas mediante el lavado y, por tanto, carecen de valor los resultados analíticos obtenidos para el micronutriente objeto del tratamiento. Sin embargo, si las aspersiones son a base de N y K

en la hoja, y los análisis pueden realizarse sin ningún riesgo una semana después de la aplicación.

MASON Y col. (1972) encuentran siempre valores superiores para Fe, Zn y Mn en hojas de manzanos tratados con fungicidas (dimetilditio--carbamatos) que contengan esos elementos, aún, cuando las hojas fueran lavadas previamente.

ROSS y col. (1970) investigaron el efecto que tenía la aplicación de determinados fungicidas en relación con el desarrollo de las manzanas; obtuvieron una respuesta favorable de cosecha que fué asociada con un --aumento en el contenido foliar de Zn.

Anteriormente, BEYERS (1964) había demostrado que, en manzanos, --los síntomas de deficiencia en Zn y Mn eran mitigados mediante el uso de fungicidas que contuvieran esos metales.

De nuevo, ROSS y WEBSTER (1976) dan valores muy altos de Zn fo---liar para árboles tratados con fungicidas que contienen este elemento, incluso después de haber sometido las muestras al proceso de lavado.

Es práctica común, desde hace muchos años, el tratamiento foliar a base de soluciones nutritivas, o el uso de plaguicidas en cuya composi---ción se encuentre algún elemento que sea conveniente analizar para evaluar correctamente el estado nutritivo del cultivo. Ello debe comportar, como ya se ha indicado anteriormente, no considerar los resultados obtenidos --para los elementos objeto del tratamiento. Sin embargo, otros investigadores, tales como EMBLETON y col. (1963), LABANAUSKAS y PUFFER (1964), LABANAUSKAS (1966) en limoneros, y ASHBY (1969) en manzanos, cerezos y pera--les, consideran que siempre que el material tratado se someta a una lim--pieza apropiada, los resultados obtenidos constituyen una información se--ria que nos conducirán a una mejor comprensión de los efectos resultantes del tratamiento. No obstante, la gran limitación que tiene el uso de ta--les datos con propósitos de diagnóstico nutritivo es la imposibilidad de

distinguir entre la porción de elemento fisiológicamente activa, que se encuentra dentro de las células, y aquélla que se ubica en los espacios libres de los tejidos de las hojas.

Nuestra propia experiencia, acrecentada con el presente trabajo, nos sugiere la necesidad de profundizar en el conocimiento de los aspectos relativos a la absorción de estos productos a través de las hojas, - así como a su localización, estado químico, etc., Junto a ello es conveniente revisar el procedimiento de limpieza utilizado para este tipo de muestras.

En lo que respecta a la metódica del lavado propiamente dicho, - son numerosos los procedimientos que aparecen en la bibliografía y ello no hace más que evidenciar que no es fácil dar normas concretas, ya que, como se ha dicho anteriormente, la contaminación de las muestras está sujeta a la propia naturaleza de las mismas, al tipo de suelo, a la aplicación de fertilizantes y plaguicidas, localización geográfica (proximidad a industrias, por ejemplo), etc..

PIPER (1942) no era partidario de lavar las muestras vegetales - por temor a perder alguno de sus constituyentes más solubles y propuso - la eliminación, por medio de un pincel, de las partículas sólidas adheridas a la hoja.

Anterior a él, MANN y WALLACE (1925) trabajando con hojas de manzano, habían encontrado que gran parte del K podía ser lixiviado debido al sumergimiento del material vegetal en agua destilada.

GOODALL (1943) limpiaba la superficie de las hojas de manzano -- con muselina.

JACOBSON (1945) indica la insuficiencia de los procedimientos anteriores y demuestra que el lavado de las hojas en una solución diluída de ClH, permite obtener una buena correlación entre el contenido de Fe, el grado de clorosis y el contenido en clorofila, haciéndose por tanto,

necesario este tipo de limpieza para eliminar la contaminación superficial de Fe.

BATHURST (1948) emplea como descontaminante soluciones de ácido acético al 2%.

MASON (1953) recomienda frotar nuevamente cada una de las hojas con un cepillo de nylon en una solución de detergente sintético (Teepol) al 0,2% o en una solución de ClH 0,3N, seguida de tres enjuagues en agua destilada. Hace notar que el lavado se debe hacer sobre muestras recién tomadas y que el conjunto de la operación no debe sobrepasar los 30 segundos por cada hoja; de esta manera se anulan los riesgos de perder cualquier elemento por lixiviación.

TITUS y BOYTON (1953) también recomiendan, para eliminar las posibles pérdidas por elución, que el tiempo de lavado de cada hoja sea inferior a un minuto.

SMITH y col. (1950) comparan varios procedimientos de lavado en hojas de cítricos: (1) limpieza por frotamiento con un paño humedecido; (2) restregar a mano con un cepillo de cerda en agua corriente durante tres minutos; (3) hacerlo en una solución de ClH 0,3 N durante el mismo tiempo; (4) realizarlo en soluciones de detergente sintético durante diferentes periodos de tiempo y (5) en una solución de detergente y de ClH 0,3 N. Encontraron que en aquellas hojas cuyos contaminantes superficiales eran debidos a causas naturales, los contenidos en Fe, Al y Cu se reducían al mínimo cuando se limpiaba mediante frotamiento en una solución de detergente seguido de un adecuado enjuague. Sin embargo, si las hojas habían sido tratadas con productos a base de Cu y Zn, era el procedimiento nº (5) el que proporcionaba los valores analíticos más bajos para estos elementos. En ningún caso se encontraron pérdidas por lixiviación.

TAYLOR (1956) encontró que la limpieza individual de las hojas de manzano con tela humedecida era superior a otros métodos para elimi-

nar la contaminación de Fe debida a fumigaciones con dimetilditio-carbamato de hierro; mientras que una breve inmersión en una solución de detergente y EDTA era el método más adecuado para eliminar la contaminación de Fe debida al polvo que lleva adherida la hoja.

NICHOLAS, LLOYD-JONES y FISHER (1957) concluyen que el Fe presente como contaminante superficial de las hojas de tomate, puede ser - eliminado completamente mediante el lavado de las mismas durante treinta segundos en una solución de "Teepol" seguido de un sumergimiento también de treinta segundos en agua destilada. No obtienen pérdidas de elementos durante el lavado.

STEYN (1959) comprueba en hojas de limonero y de ananás la ineficiencia del limpiado de ambas caras de las hojas con paños de algodón humedecido en agua frente al lavado en soluciones de un detergente sintético (Teepol) al 0,1% seguido de enjuagues en agua corriente y después en agua destilada. No describe pérdidas por lixiviación.

BRADFELD y BOULD (1963), en un estudio acerca de los errores cometidos en la labor preparativa de la muestra, en cultivos de fresa, casis y manzano, indican que el lavado de las hojas durante 15 segundos en una disolución de "Teepol" al 0,1% seguido por un enjuague en agua - destilada elimina toda la contaminación superficial originada por los - elementos-traza sin que exista lixiviación alguna para los macronutrientes.

BAKER y col. (1964) ensayan varios tratamientos de limpieza en hojas de cereales: (1) introducción de las hojas en agua destilada; (2) sumergimiento en una solución de detergente (Alconex) al 0,5% y posteriormente en agua destilada y (3) frotamiento de la hoja con un paño humedecido en la solución de detergente y enjuague posterior en agua destilada. Los resultados más satisfactorios se obtienen mediante el tercer procedimiento de lavado.

LABANAUSKAS (1966) compara diferentes técnicas de lavado en hojas de árboles naranjeros: (1) control no lavado; (2) las hojas son lavadas a mano en una solución acuosa al 0,1% de detergente (Joy) pasando los dedos índice y pulgar sobre la superficie total de la misma, seguido de un enjuague en agua desionizada y (3) las hojas fueron lavadas en una solución de detergente y enjuagadas como en el caso anterior, después fueron sumergidas, durante dos minutos, en una solución de ClH al 3% y posteriormente, fueron enjuagadas en agua corriente y en agua desionizada. Los resultados obtenidos indican que el lavado en la solución de detergente es adecuado. No detecta lixiviación para ninguno de los elementos estudiados, a excepción, quizás, del Mg.

LACHICA (1967) estudia, en hojas de olivo, la influencia de dos métodos de lavado sobre el contenido mineral de las mismas. Opera con una muestra homogénea tomada de un solo árbol y la divide en tres partes iguales: (1) no recibe ningún tratamiento; (2) las hojas se lavan una por una, sujetas por el peciolo, en una solución de detergente (Mistol) al 2% con auxilio de un cepillo de cerda natural suave, seguido de un lavado en agua corriente y dos lavados en agua desmineralizada y (3) el mismo tratamiento anterior pero substituyendo el detergente por una solución 0,3N de ClH. El lavado de cada hoja debe ocupar un tiempo comprendido entre 20-25 segundos. El lavado se hace necesario para la determinación de Fe. No se observa disminución en los contenidos de N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Mn. La solución limpiadora más eficiente es la del detergente.

SANCHEZ-ALONSO (1977), también en hojas de olivo, amplía el estudio anterior haciéndolo extensivo a Zn y B, elementos para los que tampoco encuentra disminución alguna posterior al lavado. Sin embargo, sus resultados dejan entrever la posibilidad de que existan pérdidas de Mg, por lixiviación, incluso cuando el lavado se realice sobre el material vegetal recién muestreado. La técnica utilizada es la aconsejada por LACHICA (1967).

ASHBY (1969) evalúa distintas metodicas de lavado para comprobar su efectividad en la eliminación de la contaminación introducida en hojas de manzano, cerezo y peral, mediante la inmersión de las mismas - en soluciones que contienen N, Mg, Zn, Fe, Mn y B. Los métodos comparados son: (1) lavado mediante sumergimiento en una solución de detergente (Dreft) al 0,1% durante cinco segundos, seguido por dos enjuagues, - de cinco segundos cada uno, en agua desmineralizada; (2) lavado en la - solución de detergente seguido de un enjuague en agua desmineralizada, a continuación un lavado en una solución de ClH 0,1N y por último, dos enjuagues en agua desmineralizada, cada una de estas operaciones dura cinco segundos. En general, aconseja la utilización del primer procedimiento. No hay elución para N, Mg, Zn, Fe, Mn, B y K como consecuencia de los tratamientos de lavado. Los contenidos en Zn, B, Mn y Fe son mayores para -- muestras tratadas aún después del proceso de lavado.

WALLIHAN (1978) recomienda el limpiado de la hoja mediante un - cepillo de nylon y soluciones jabonosas, friccionando por ambas caras y a continuación enjuagar en agua corriente. Si se sospecha la presencia de residuos alcalinos debido a fumigaciones, puede hacerse necesario un enjuague en ClH 0,1N antes del lavado con el detergente.

SAMSONI (1972) indica que la contaminación superficial es total_{mente} eliminada cuando se agitan las hojas en una solución de lauril- - sulfato-Na al 0,2% durante un periodo de tiempo entre uno y dos minutos, durante el cual ningún micronutriente se pierde por lixiviación.

ORPHANOS (1977) ensaya distintos procedimientos para eliminar - la contaminación introducida al tratar manzanos con sulfato de zinc por vía foliar: (1) enjuague en agua corriente, a continuación en una solución de detergente (2,5 ml. de Teepol/L), seguido de un enjuague en -- agua corriente y de otro en agua destilada; (2) los tres primeros pasos del tratamiento anterior seguidos de un enjuague en ClH 1N, y de una in_{mersión} en agua destilada; (3) igual que en apartado anterior, pero an-

tes del enjuague final, se dejan empapar las hojas durante 10 minutos - en ClH 1N; (4) igual que en (3) pero prolongando el contacto con el ácido hasta veinte minutos. Los dos últimos procedimientos son los que permiten obtener los valores más bajos en Zn, pero ocasionan pérdidas de - K, Mg y Mn. El tratamiento que combina el detergente y el ácido es más efectivo que aquel que sólo emplea el detergente.

SONNEVELD y VAN DIJK (1982) ensayan varias soluciones de lavado y distintas técnicas para una serie de cultivos desarrollados en invernadero. En conjunto, los mejores resultados se obtienen al utilizar una solución de detergente (Teepol) al 0,1% de ClH 0,1M. Para contaminaciones serias recomiendan una combinación del detergente y del ácido.

WALLACE y col. (1980), en hojas de naranjo, estudian también -- distintos procedimientos de limpieza. Encuentran pérdidas por lixiviación para P, K y Mg. De los distintos métodos ensayados, aquél que combina la limpieza con un paño seguido de un lavado en ClH 0,1N es el que ofrece un menor coeficiente de variación.

En lo que antecede, se han descrito algunos de los trabajos que se han ocupado de la eliminación de contaminantes de las muestras vegetales. Como se ha visto, los métodos utilizados para tal fin son fundamentalmente: lavado (enjabonado), cepillado y desempolvado de las hojas con agua, ácidos y detergentes. El ácido más profusamente utilizado es el ClH a concentraciones diluídas. Respecto al detergente, existe mayor variabilidad, por lo que se podría decir que, en principio, se puede -- utilizar cualquier tipo de detergente no iónico.

2.3.3.2.- Secado.

Todas las muestras vegetales deben ser secadas tan rápido como sea posible con objeto de reducir al mínimo los cambios químicos y biológicos que se puedan dar. Este proceso se ha de verificar a una temperatura lo suficientemente alta como para:

- a) destruir los enzimas, responsables de los procesos de descomposición.
- b) eliminar la humedad sin que haya una descomposición térmica apreciable.

Algunos investigadores, tales como BATHURST (1948), CHAPMAN y BROWN (1950), PIPER (1942) y ULRICH (1948) secaban el material vegetal fresco a 70°C como paso previo a la reducción de tamaño del mismo mediante su molienda. Sin embargo, una vez molida la muestra, el polvo vegetal resultante era secado a 100-105°C antes de proceder a tomar la cantidad adecuada del mismo para realizar su análisis.

STEYN (1959) estudió este aspecto en hojas de limonero y de anás. Encontró que el procedimiento más adecuado de secado, para el material fresco consistía en mantener las muestras a 65°C durante 24 horas. Sus resultados muestran que, a igualdad de temperatura, la descomposición térmica se produce más fácilmente en la muestra molida que cuando ésta se encuentra en su estado físico original; por ello cuestiona el hecho de que el polvo vegetal sea secado a 105°C, y aconseja, también en este caso, las mismas condiciones anteriores.

GREENHILL (1959) comprobó en trebol, rye-grass y alfalfa, que la respiración del material recolectado continúa durante una gran parte del proceso de secado y que sólo parecía detenerse cuando la humedad de la muestra oscilaba alrededor del 35%. Indican que pueden haber pérdidas apreciables de materia seca como consecuencia de dicho proceso respiratorio siempre que el secado no sea apropiado. Sugiere que se lleve a cabo, a presión atmosférica, durante 16 horas a 80°C. (GREENHILL, 1960).

LOCKMAN (1970) indica que si el secado se retrasa excesivamente pueden ocurrir pérdidas apreciables de peso seco debido a la respiración.

BRADFIELD y BOULD (1963) manifiestan que para obtener buena reproducibilidad en los resultados analíticos, las hojas frescas deben -- ser secadas 24 horas a 65°C y las hojas molidas a 105°C durante 1 hora antes de proceder a su análisis. En estas condiciones el polvo vegetal seco (fresas, casis y manzanos) puede ser almacenado hasta 2 años sin - que existan cambios significativos en la concentración de N.

BOWEN (1967) estudia el secado de muestras de col, ya molidas, - y recomienda que se realice a 90°C durante 20 horas.

ACQUAYE (1967) recomienda secar las hojas de cacao durante 48 - horas a 105°C.

GRANT y MACNAUGHLAIN (1968) opinan que, en determinados culti-- vos, el secado a temperaturas superiores a 80°C puede reducir el peso - seco de los mismos.

LACHICA (1967) apunta que la temperatura de secado más adecuada para hojas de olivo es de 65-70°C, pues, al incrementarse ésta se produce una ligera descomposición térmica.

LAPORTE y KOVACSICK (1971) indican que el secado del material - vegetal se debe llevar a cabo en una estufa de aire forzado a 80-85°C, y que la subida de la temperatura debe ser rápida con objeto de frenar las reacciones enzimáticas.

El C.I.I. (1972) propugna que el polvo vegetal sea secado durante 16 horas a 70-80°C.

La naturaleza de la muestra va a ser, en última instancia, quien va a determinar la temperatura más adecuada de secado. Pero, en general, como indica JONES (1978) lo más usual es que el tejido vegetal fresco - se seque entre 65-85°C, mientras que, una vez molido, es conveniente haceerlo a 65°C durante 24 horas.

2.3.3.3.- Molienda

Son dos las razones que fundamentan la necesidad de moler el material vegetal:

- a) Conseguir una mayor facilidad de manipulación.
- b) Asegurar una gran uniformidad en su composición.

HOOD, PARKS y HURWITZ (1944) estudiaron la contaminación producida por distintos tipos o formas de molienda de las muestras vegetales. Concluyeron que cualquier método mecánico de molienda ensayado causaba contaminación en uno o más elementos. Según estos autores únicamente el ágata sería el material adecuado para tal fin. Advierten que los errores pueden llegar a ser considerables con el uso de los molinos comunes a estos menesteres, principalmente en lo que concierne a los elementos-traza.

KRETSCHMER y RANDOLPH (1954) construyeron un pulverizador con materiales sintéticos que constituyó una de las primeras publicaciones encaminadas a utilizar medios mecánicos para moler materiales biológicos sin introducir contaminaciones metálicas.

PALM y BECKWITH (1956) desarrollaron un molino "Christy and Norris" modificado para evitar la contaminación en Fe sobre materiales vegetales.

STEYN (1959) corrobora que el ágata es el material más adecuado para la molienda al objeto de evitar el riesgo de contaminaciones. En--contró apropiado el uso de un molino a bolas de ágata.

Los resultados encontrados por otros investigadores como MITCHELL (1960) y SMITH y col. (1950) no concuerdan con lo expuesto anteriormente. El primero de ellos rechaza el uso de molinos que contengan piezas de cobre o bronce, pero, sin embargo, admite el uso del acero como material constituyente de tales aparatos. Los segundos, no encontraron contaminación alguna al emplear un molino tipo Wiley.

BAKER y col. (1964) utilizaron molinos Wiley modificados mediante el acoplamiento de piezas de acero reemplazando a las de aluminio y bronce.

BRADFIELD y BOULD (1963) manifiestan que, a excepción del cobre, el resto de elementos-traza puede ser determinado perfectamente en muestras que hayan sido molidas en micromolinos Wiley.

LACHICA (1967) no encontró diferencias apreciables al moler hojas de olivo en micromolino de martillo Glen Creston, en molino de café "Philips" o en mortero de ágata.

SAMSONI (1972) indica, estudiando diversos cultivos, que lo más adecuado es realizar la molienda con un material del que no sea constituyente ningún micronutriente que se desee determinar.

SONNEVELD y VAN DIJK (1982) ensayan distintos procedimientos para moler hojas de tomate y pepino. Analizan Fe, Mn, Zn, Cu y Al. Sólo detectaron contaminación en Cu cuando utilizaron un "molinillo de pimienta". Ello fué atribuído a la existencia de una rejilla de latón en este utensilio.

Un aspecto interesante es el grado de finura a conseguir en la molienda. En este sentido, SMITH y col. (1968) encontraron en algunas variedades de trigo que la composición percentual de N, P, Ca, Mg y SiO_2 se incrementaba, generalmente, cuando decrecía el tamaño de la partícula analizada.

En cuanto a la mejor representatividad y homogeneización de la muestra, es necesario tener en cuenta que a menor peso de la misma, le ha de corresponder un mayor grado de finura. A modo de orientación citamos la regla dada por JACKSON (1958) para suelos:

"El mínimo peso representativo para efectuar un análisis debe comprender mil partículas de la muestra a determinar". En la práctica, este mismo autor aconseja multiplicar por cinco o diez este peso mínimo.

En vista de los resultados anteriormente expuestos, quizás lo más adecuado sea concluir que cada molino y cada tipo de material vegetal deberían ensayarse para cada elemento a determinar.

2.3.3.4.- Almacenamiento del polvo vegetal seco

STEYN (1959) indica que a partir de los dos meses de tener almacenado el polvo vegetal a temperatura ambiente, secado a 65°C durante 24 horas, se producen pérdidas importantes de N.

Sin embargo, si el almacenaje se realiza a -5°C no existen pérdidas apreciables de N durante largos periodos de tiempo.

ACQUAYE (1967) recomienda también que este material sea almacenado a bajas temperaturas y en la obscuridad.

BRADFIELD y BOULD (1963) indican que si el polvo vegetal es secado durante 1 hora a 105°C puede ser guardado más de 2 años sin que se encuentren pérdidas significativas en N.

2.3.4.- Solubilización de la muestra

La gran mayoría de las técnicas usadas normalmente en los laboratorios para las determinaciones de los elementos nutritivos minerales de las plantas requieren la mineralización del material vegetal recolectado como metodología para poner en solución los elementos que se van a determinar. Sin embargo, existen otras formas de puesta en solución -independientemente de que después se requiera o no la destrucción de la materia orgánica-y también existen algunas técnicas -más sofisticadas- que no precisan la disolución de la muestra; algunas de ellas serán citadas en el apartado correspondiente.

2.3.4.1.- Métodos de puesta en solución.

En realidad no existen métodos de mineralización absolutamente

generales y, por tanto, éstos no son aplicables a la determinación de todos los elementos minerales. Debe ser el criterio del investigador el que, a la vista del tipo de cultivo, elementos a determinar, etc., escoja el procedimiento a seguir. Por ejemplo, no se puede recurrir a calcinar la muestra cuando se pretende determinar N; no se debe destruir la materia orgánica por acción de los ácidos cuando se desee determinar B (HATCHER, 1960); será necesario eliminar la sílice mediante el ácido fluorhídrico cuando el material vegetal sea verdaderamente rico en ella, tal y como sucede con gramíneas y leguminosas (C I I., -- 1968); si la calcinación no discurre adecuadamente se hará necesario -- otro tipo de ataque.

En cualquier caso, los requisitos que la metodología debe cumplir son:

- Destrucción de la materia orgánica
- Solubilización y conservación de los elementos minerales.

A ello se deben conformar propiedades tales como:

- Ejecución fácil y segura
- Ser utilizable para el mayor número posible de especies vegetales.
- Precisión y exactitud aceptables.

Es necesario hacer notar que la LACHICA y ROBLES (1974) indicaron que no se deben comparar resultados obtenidos mediante distintas técnicas de mineralización, pues para un mismo cultivo puede llegar a obtenerse, en alguna ocasión, diferencias porcentuales, en contenido, de casi el 50%.

En general, la disolución sobre la que se medirá el contenido mineral de la muestra vegetal se obtiene mediante alguno de los siguientes procedimientos:

- 1) Mineralización por calcinación (VIA SECA)
- 2) Mineralización por ataque ácido (VIA HUMEDA)
- 3) Mineralización por combustión bajo presión
- 4) Mineralización por fusión
- 5) Puesta en solución mediante extracción

Siendo las dos primeras de estas modalidades las más utilizadas -y con mucho- respecto a las demás.

2.3.4.1.1.- Mineralización por calcinación: VIA SECA

Consiste en una oxidación, mediante el oxígeno atmosférico, de la materia orgánica del vegetal. Se desprenderán: CO_2 , vapor de agua y las especies químicas volátiles en el intervalo de temperaturas empleado. El resto de los elementos minerales que acompañan a la materia orgánica pasarán a estar, generalmente, bajo la forma de carbonatos o de óxidos. Las cenizas obtenidas de esta forma son tratadas con un ácido mineral fuerte para extraer los elementos minerales.

La combustión se lleva a cabo en un horno de mufla. La muestra, exactamente conocida, va en crisoles de platino, cuarzo o porcelana y el margen de temperatura más empleado es el de 450-550°C, oscilando el tiempo total de la operación -incluida la subida gradual de la temperatura- entre 2 y 8 horas.

En la Tabla I se recogen los principales parámetros empleados -- por diversos investigadores en este tipo de mineralización.

El mineralizado por vía seca presenta una serie de ventajas:

- Requiere un menor control que la mineralización por vía húmeda.
- Es más simple de llevar a cabo.
- Tiene un menor riesgo de contaminación por parte de los reacti-

TABLA 1

<u>Autor</u>	<u>Peso muestra</u>	<u>Temperatura calcinación</u>	<u>Tiempo calcinación</u>	<u>aditivos</u>	<u>Extracción cenizas</u>	<u>Elementos determinados</u>
AOAC (1980)	1 g	500°C	2h + 1h	NO ₃ H	ClH (1:1)	Ca, K, Mg, Fe, Cu, Mn, Fe
AOAC (980)	1 g	<500°C	-	(NO ₃) ₂ Mg	ClH	S, (P)
AOAC (1980)	1-2 g	600°C	1h	Ca(OH) ₂	SO ₄ H ₂ O, 36N	B
BADER y BRANDENBERGER (1968)	10 g	600°C	12 h	CO ₃ Li	ClH	B
BAKER (1971)	2 g	500-600°C	3h	---	NO ₃ H, 5N	Cu
BASSON y BOHMER (1972)	2 g	450°C	2 y 1/2h	---	ClH	Ca, Mg, Fe, Cu, Mn, Zn
BASSON y col. (1969)	1 g	470°C	1 y 1/2h	OCa	SO ₄ H ₂ O, 7N	B
BERRY y JOHNSON (1966)	0,1 g	550°C	5h	SO ₄ H ₂	ClH 1,2N	Ca, Mg
BRADFIELD (1964)	---	450°C	12h	---	NO ₃ H:ClO ₄ O (3:1)	Fe, Cu, Mn, Zn
BUCHANAN y MURAOKA 61964)	2,5 g	550°C	2 - 3h	--	ClH:NO ₃ H:H ₂ O (1:1:8)	Zn, Mn
C.I.I. (1968, 1972)	2 g	450°C	4h	---	ClH	P, K, Na, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, Al, Co, Mo Rb, Sr, Ti, (Si).
CUNNINGHAM (1962)	0,2 - 0,5g	450°C	2h	NO ₃ H (NO ₃) ₂ Mg	ClH 6N	S

TABLA I (Cont.)

<u>Autor</u>	<u>Peso muestra</u>	<u>Temperatura calcinación</u>	<u>Tiempo calcinación</u>	<u>aditivos</u>	<u>Extracción cenizas</u>	<u>Elementos determinados</u>
GERSTENFELD (1962)	2g	500°C	---	PO_4HCa	ClH 6N	Zn
HECKMAN (1970)	2-10 g	550°C	4h	---	ClH 3N	Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn
HEANES (1981)	4 g	550°C	10h	SO_4^{HK} NO_3^K	ClH 5,5N	Cu, Mn, Zn, Co, Mo
HOFFMANN (1967)	2 g	600°C	4h	---	ClH 1N	Mn
ISAAC y JONES (1972)	---	500°C	4h	---	ClH 2N	P, K, Ca, Mg, Ba, Mo, Sr, Fe, Cu, Zn, Mn, B, Al.
JONES Y WEAVER (1971)	2 g	500°C	4h	---	$ClH:NO_3H:H_2O$ (1:1:8)	Fe, Cu, Mn, Zn
JOSEPH y col. (1968)	2 g	400°C	6h	---	$NO_3H:ClH$ (1:1)	Fe, Mn, Zn
KOWALCZUK (1970)	2 g	550°C	4h	---	ClH (1:3)	Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn
LACHICA (1976)	2 g	450°C	4h	---	ClH	B (y todos los del C.I.I.)
MELTON y col. (1970)	10 g	600°C	10h	$Ba(OH)_2$	ClH 5N	B
NEMODRUK y KARALOVA (1965)	-	450°C		$Ca(OH)_2$		B
ROACH y col. (1968)	2 g	450°C	1h	---	$ClH:ClO_4H:H_2O$ (50:25:25)% ²	Zn
ROGERS (1967)	2 g	450°C	1h	---	Agua regia	Cu, Zn, Mg

vos utilizados, lo que es importante, sobre todo, para la determinación de los elementos-traza.

2.3.4.1.1.1.- Factores principales que condicionan el resultado de la mineralización por vía seca.

Es frecuente encontrar juicios contradictorios referentes a las pérdidas de elementos producidos durante la mineralización por vía seca. Ello es debido -fundamentalmente- a un precario control sobre los factores que determinan la volatilización o retención de elementos. Por tanto, se hace necesario evaluar cuidadosamente factores tales como: temperatura y tiempo de calcinación, composición de la muestra y tipo de crisol.

2.3.4.1.1.1.1.- Pérdidas por volatilización

En primer lugar, es necesario tener presente si las condiciones operatorias pueden provocar la volatilización de algún elemento a determinar. La temperatura descrita, mayoritariamente, como más conveniente es la de 450°C. No obstante, es conveniente reseñar que, como indican -- HAMILTON, MINSKI y CLEARY (1967), en el interior de la mufla se producen gradientes de $\pm 50^{\circ}\text{C}$ dependiendo de la posición en la misma, por lo que es conveniente agrupar las muestras en la zona central.

Los elementos no metálicos se volatilizan, generalmente, con suma facilidad. Sin embargo, varios de estos elementos pueden ser determinados aumentando la basicidad de la muestra, evitando así la formación de constituyentes volátiles ácidos. De esta manera, según PIPER (1942) y CHAPMAN y PRATT (1961), pueden ser determinados cuantitativamente: azufre (adicionando nitrato o acetato de magnesio) y cloro (adicionando oxido de calcio); sin embargo, LACHICA (1976) muestra que no es necesaria la adición de OCa para determinar boro, en diversos cultivos, ya que opina que a partir de los elementos Ca, Mg y K, siempre presentes en las --

plantas, se producen suficientes sustancias básicas para retener el B, máxime teniendo en cuenta que la cantidad de este elemento es muy pequeña comparada con la de los que acabamos de mencionar.

Para el P existen disparidad de criterios, pero, en general, se considera que las muestras ricas en bases permiten una recuperación completa a las temperatura usuales de incineración.

Ciertos metales también se pueden perder por volatilización; éste es el caso de Hg y Se (GORSUCH, 1959). Para otros metales, como Pb, las pérdidas dependen de las combinaciones que forme; no existen pérdidas cuando se encuentra al estado de sulfato, nitrato u óxido y sí las hay cuando está como cloruro (GORSUCH, 1959). DAVIDSON (1952) detectó pérdidas de Mg a temperaturas superiores a 550°C.

Cabe la posibilidad de que algún elemento que se desea analizar reaccione con algún constituyente inorgánico de la muestra y se produzcan especies volátiles. Tal es el caso del Sb, Zn y Pb cuando los nitratos son calentados en presencia de cloruro amónico, y ello es debido a la formación de los correspondientes cloruros que son volátiles (GORSUCH, 1959 y 1962).

Las muestras deben ser colocadas cuando el horno de mufla esté frío y la temperatura ha de ser aumentada poco a poco. El C.I.I. (1972) aconseja que los 450°C a los que se realiza la combustión sean alcanzados progresivamente a lo largo de dos horas. Se debe evitar, por tanto, una oxidación rápida la cual puede provocar una ignición de los constituyentes volátiles e inflamables de la muestra lo que conduciría a un aumento incontrolado de la temperatura y a un incremento en las pérdidas de los componentes de la muestra, que, además, podrían estar ocasionados por un arrastre mecánico ocasionado por la inflamación. Algunos autores utilizan etapas de pre- calcinación (THIERS, 1957; BURKE y ALBRIGHT, 1970; HEANES, 1981).

2.3.4.1.1.1.2.- Pérdidas por adsorción.

Aquí juega un importante papel el tipo de crisol utilizado. -- Los más usuales son los de cuarzo y porcelana y también -aunque menos- los de platino. Bajo el punto de vista de evitar posibles contaminaciones, los crisoles de platino son, sin lugar a dudas, los más indicados, pero su precio puede hacerlos prohibitivos. Por ello, se usan comúnmente los de cuarzo, y también de porcelana.

El crisol de cuarzo está constituido exclusivamente por SiO_2 , -- mientras que el de porcelana es de un material complejo a base de SiO_2 y otros óxidos. La elección de uno u otro debe estar en función de los elementos a determinar. No obstante, en ambos casos, se puede producir una reacción entre el Si del crisol y el óxido de algunos de los elementos constitutivos de la muestra dando origen a la formación de silicatos. Este problema también puede estar ocasionado por el residuo de SiO_2 propio de la muestra. Los oligoelementos son -fundamentalmente- quienes se ven afectados por este proceso. PIPER (1942), CHAPMAN y PRATT (1961) y LIKENS y BORMANN (1970) indican que los más afectados pueden ser Cu y Zn junto con Fe y Mn. BASSON y BOHMER (1972) indican que el Mg también puede ser afectado. No todos los óxidos reaccionan con la misma facilidad y además algunos de los que sí lo hacen se descomponen en el subsiguiente ataque con ácido. Por ello, GORSUCH (1959) indica que las pérdidas de Cu, cuyo silicato es fácilmente soluble en ácido, no son debidas a este fenómeno, sino a que el óxido de cobre se reduce, y se libera el metal el cual difunde en las paredes del crisol. VARJU (1972) indica que el Fe y Cu, reducidos al estado metálico, pueden difundir a -- través de la superficie de los crisoles y que Co y Pb forman silicatos, no extrayéndose, en ambos casos, estos elementos con los ácidos utilizados para digerir las cenizas, lo que conllevaría, según este mismo autor, a la posibilidad de obtener resultados erróneos cuando se usa de -- nuevo el mismo crisol. VARJU (1972) manifiesta que cuando se usan crisol

les de porcelana altamente vitrificados los procesos mencionados no son significativos. PINTA (1971) indica que, para evitar pérdidas por adsorción, los crisoles de cuarzo han de estar perfectamente pulidos.

Algunos autores sugieren la necesidad de emplear ácidos oxidantes, tales como NO_3H y ClO_4H (ver Tabla I) para tratar la ceniza, y asegurar así la solubilidad de todos los elementos y, fundamentalmente, la de aquéllos que han sido reducidos a forma metálica.

El C.I.I. (1968) ha adoptado un método de mineralización que -- conlleva la eliminación de la sílice por volatilización después de realizar una primera extracción de las cenizas con ClH . Esta metodología -- es muy apropiada para plantas con alto contenido en sílice -- como el -- arroz -- ya que, además de las posibles pérdidas en oligoelementos, también puede ser significativa la de Ca, debido a la insolubilidad de su silicato. WILLIAMS y VLAMIS (1961) e ISAACS y JONES (1972) han obtenido resultados elevados para Fe, Al y B y lo atribuyen a contaminaciones por el revestimiento interno de la mufla. A este respecto, BAKER y col. -- (1964) utilizan muflas revestidas de láminas de acero, porque observaron que las partículas de polvo provenientes del ladrillo que revestía originalmente el interior del horno ocasionaba contaminaciones de Zn y Al.

2.3.4.1.1.1.3.- Papel de los aditivos

Son diversas las metodologías y los autores (Tabla I) que describen y emplean la adición de alguna sustancia inorgánica a la muestra para facilitar el proceso de combustión o para mejorar la recuperación de algún elemento a analizar.

GORSUCH (1970) cita el ácido nítrico como el más común para favorecer la oxidación del material orgánico, a pesar de que tiene el inconveniente de que si se añade demasiado pronto produce pérdidas debido a que provocará la ignición del residuo cuando se vuelva a introducir --

en el horno. Determinados nitratos cuya descomposición es fácil (de Mg, Al) actúan no sólo como oxidantes auxiliares sino también como diluyentes inactivos, impidiendo reacciones entre compuestos sólidos y pérdidas por retención. Este mismo autor también describe otra serie de aditivos cuya finalidad es cambiar el estado químico de determinados elementos para favorecer así su determinación cuantitativa. Es necesario tener siempre un estudio previo sobre la influencia de los aditivos en posibles pérdidas; así, GORSUCH (1959) obtiene importantes pérdidas en Pb y Cu cuando utilizó ácido fosfórico como aditivo, lo que achaca a la formación de fosfosilicatos. Sin embargo, describe el ácido bórico como un aditivo eficiente.

Como corolario a la acción de aditivos citamos las conclusiones obtenidas por GORSUCH (1959) a este respecto en el análisis de 14 elementos-traza en hojas de cacao:

a) Calcinación sin aditivos: Es la metodología más usada. Aparece como satisfactoria cuando la temperatura es de 550°C, excepto para Cu, Ag, As, Cd para los que se producen algunas pérdidas.

b) Usando ácido nítrico como aditivo: Su principal papel es que procura una ceniza muy blanca que es fácilmente soluble en ácidos diluidos. Produce notables pérdidas de Cd, debido a su volatilización.

c) Usando ácido sulfúrico como aditivo: Es fundamental para la determinación de Pb. Su acción es debida a que el Pb pasa al estado de sulfato. Su utilización incrementa el tiempo requerido para la oxidación.

d) Uso del nitrato o acetato de Mg: Son beneficiosos para varios metales (Pb, As, Zn, Sn). El nitrato ocasiona pérdidas de Cd. En general el acetato retarda la oxidación.

2.3.4.1.2.- Mineralización por ataque ácido: VIA HUMEDA

La destrucción de la materia orgánica se efectúa por un oxidan-

te en presencia de uno o varios ácidos minerales fuertes.

Respecto a las ventajas que posee este método cabe señalar:

Se emplean temperaturas bajas y, al estar en disolución los componentes a determinar, se previenen posibles pérdidas por volatilización ya que la temperatura alcanzada no puede exceder el punto de ebullición de la mezcla oxidante utilizada. Existe así mismo menor riesgo de pérdidas por adsorción.

El utillaje que se requiere es sencillo y la oxidación es bastante rápida, por lo que se adapta bien al uso rutinario.

Entre los inconvenientes se pueden citar:

- Han de añadirse cantidades considerables de reactivos por lo que se corre el riesgo de introducir contaminaciones, lo que puede llegar a tener importancia en la determinación de los elementos-traza.

- Está limitada la cantidad de muestra a emplear.

2.3.4.1.2.1.- Reactivos utilizados

Los reactivos oxidantes que se utilizan -solos o en combinación- con mayor frecuencia para destruir el material vegetal orgánico y solubilizar los elementos minerales son:

- Ácidos oxidantes: Sulfúrico, nítrico y perclórico.

- Peróxidos: de hidrógeno.

2.3.4.1.2.1.1.- Ácidos oxidantes

El ácido sulfúrico se utiliza solo o en combinación con el nítrico, con el perclórico o con ambos. Su acción se centra en un proceso de oxidación y de deshidratación.

Es el reactivo base del método de KJELDAHL para la determinación de N. Suele ir acompañado de alguna sal que permita aumentar la tempera-

tura del proceso y de algún catalizador. El método KJELDAHL y sus aplicaciones ha sido ampliamente tratado por BRADSTREET (1965).

Una de las razones por las que el ácido sulfúrico se une a los otros ácidos oxidantes es su elevado punto de ebullición consiguiéndose, de esta manera, elevar el punto de ebullición de la mezcla oxidante.

GORSUCH (1959) ha descrito pérdidas de Pb cuando utilizaba ácido sulfúrico -solo o mezclado con otros ácidos- y éstas aumentaban cuando - el material vegetal posee un alto contenido en Ca. A este respecto, BASSON y BOHMER (1972) comprobaron, en hojas de citrus, que en cualquier procedimiento húmedo de mineralización en el que participase el ácido -- sulfúrico se producían pérdidas en Cu, Fe, Mn, Zn, Ca y Mg, atribuyéndolo a la formación de un voluminoso precipitado de sulfato de calcio.

DAVID (1958) señala que el SO_4H_2 hace disminuir la señal de los elementos Fe, Cu, Zn cuando se determinan mediante la técnica de absorción atómica.

DOKIYA y col. (1975) comparan varias digestiones húmedas sobre - materiales vegetales y encontraron que el ClO_4H y SO_4H_2 perturbaban las señales de Mn en la determinación por absorción atómica.

PIPER (1942) indica que la mezcla nítrico-sulfúrica deja, al final del proceso de digestión, una cantidad excesiva de ácido sulfúrico - que puede interferir en algunas determinaciones gravimétricas de fósforo.

GORSUCH (1959) encontró valores bajos de Se usando la mezcla oxidante que acabamos de citar. Por otro lado, KOCH y KOCH-DEDIC (cit. NANGNIOT, 1970) indican que el sulfúrico concentrado contiene normalmente de 2 a 3 ug de Se por mL de ácido.

El nítrico es un ácido que reacciona fácil y rápidamente y cuya utilización no presenta problemas. Su bajo punto de ebullición permite - la eliminación de cualquier exceso del mismo. Se suele utilizar mezclado con SO_4H_2 o ClO_4H o con los dos. Estos ácidos continúan con la acción - del NO_3H .

TABLA II

Autor	Peso muestra	Oxidantes utilizados	Catalizadores	Elem.determinados
ALLAN (1961a,b)	0,5 - 2 g	$\text{NO}_3\text{H} - \text{ClO}_4\text{H}$	-----	Zn, (Cu)
ALLEN y col. (1974)	0,1 - 0,4 g	SO_4H_2 H_2O_2	Se, SO_4Li_2	N, P, K, Na, Ca, Mg, Zn, Cu, Al, Fe, Mn.
ALLEN y col. (1974)	0,2 - 0,5 g	$\text{ClO}_4\text{H}, \text{NO}_3\text{H}, \text{SO}_4\text{H}_2$	-----	Na, K, P, Ca, Mg, Zn, Cu, Al, (Fe, Mn).
AOAC (1980)	1 g	$\text{NO}_3\text{H}: \text{ClO}_4\text{H}$	-----	Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, K, Zn.
BETHGE (1956)	-----	$\text{NO}_3\text{H} - \text{ClO}_4\text{H}$	Varios	S
BOULD y col. (1960)	0,1 g	SO_4H_2	Se_4Na_2	N, P, K.
BOULD y col. (1960)	1 g.	$\text{NO}_3\text{H}, \text{ClO}_4\text{H}$	-----	Mg, Ca, K.
CARPENA y col. (1968)	1,3 - 1,5 g	$\text{NO}_3\text{H}, \text{ClO}_4\text{H}$	-----	Mg
CHAT (1966)	1,5 g	$\text{H}_2\text{O}: \text{ClO}_4\text{H}: \text{SO}_4\text{H}_2$		N
COLLIER (1967)	2 g	SO_4H_2	SO_4Cu	P, K, Mg.
DAVID (1959)	0,3 - 0,5 g	$\text{ClO}_4\text{H}: \text{NO}_3\text{H}$	-----	Ca

...//...

TABLA II (Cont.)

Autor	Peso muestra	Oxidantes utilizados	Catalizadores	Elem. determinados
EKPETE y CORNFIELD (1964)	0,2 g	SO_4H_2 , H_2O_2	$\text{S}_2\text{O}_3\text{Na}_2$ $\text{C}_7\text{H}_6\text{O}_3$ (ac.sal.)	N total
HALL y GUPTA (1969)	5 g	NO_3H , ClO_4H	-----	Se
HARRISON y ANDRE (1969)	0,5 g	$\text{NO}_3\text{H}:\text{ClO}_4\text{H}:\text{SO}_4\text{H}_2$	$\text{MoO}_4\text{Na}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Cu
LACHICA (1964)	0,5 g	$\text{ClO}_4\text{H}:\text{NO}_3\text{H}$	VO_3NH_4 $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$	S, Ca, Mg
LACHICA y col. (1973)	0,25 g	SO_4H_2 , H_2O_2	-----	N, P, K, Ca, Mg
QUARMBY y GRIMSHAW (1967)	0,5 g	$\text{ClO}_4\text{H}:\text{NO}_3\text{H}:\text{SO}_4\text{H}_2$	-----	Fe
WATKINSON (1966)	1 g	NO_3H , ClO_4H	-----	Se
WOLF (1971)	0,3 g	SO_4H_2 , H_2O_2	-----	B

GORSUCH (1959), en la determinación de 14 elementos-traza en hojas de cacao, encontró que la mezcla nítrico-perclórica era el procedimiento de mineralización por vía húmeda -de entre todos los ensayados- que mejores resultados daba. Únicamente lo describe insatisfactorio para la determinación de Hg.

Las digestiones con ácido perclórico presentan un cierto riesgo de explosión, sobre todo cuando se utiliza para mineralizar compuestos hidroxilados. Ello es debido a la formación de ésteres inestables y de -percloratos. Por ello, se utiliza mezclado con otros ácidos oxidantes, -disminuyendo así el riesgo de explosión. No obstante, es conveniente tener presente las normas dadas por la Society for Analytical Chemistry - (1953) para el empleo de este agente oxidante.

La mezcla de estos tres ácidos constituye un excelente sistema -de oxidación, particularmente útil en los materiales duros. Sin embargo, está sujeto a las desventajas ya comentadas de la presencia de sulfúrico (GORSUCH, 1959).

2.3.4.1.2.1.2.- Agua oxigenada

Se usa como oxidante primario en asociación con el ácido sulfúrico.

2.3.4.1.2.2.- Factores que determinan resultados erróneos

Fundamentalmente son debidos a la volatilización de elementos o compuestos y a la adsorción sobre material sólido o a fenómenos de coprecipitación.

La temperatura del proceso es, en este caso, inferior a la utilizada por vía seca; esta temperatura está limitada por el punto de ebullición del reactivo o mezcla de oxidantes utilizados. Pero aún así, y se--gún ya hemos mencionado anteriormente, se han descrito pérdidas en B por

HATCHER (1960) y en Mg por CARPENA y col. (1968a). GORSUCH (1959, 1970) - discute también pérdidas en Hg. Los métodos que utilizan SO_4H_2 y NO_3H ó SO_4H_2 y H_2O_2 producen pérdidas de Se. Por ello, este autor aconseja, para la determinación de dicho elemento, la utilización de mezclas que -- contengan ClO_4H (para otros autores ver Tabla II).

Las pérdidas ocasionadas por los fenómenos de adsorción y coprecipitación ya han sido mencionadas anteriormente, especialmente en lo referente al peligro que conlleva la mineralización de muestras ricas - en Ca con ácido sulfúrico. QUARMBY y GRIMSHAW (1967) han detectado pérdidas de Fe al utilizar mezcla perclórico-nítrico-sulfúrica y lo achacan a la presencia del ácido sulfúrico.

GORSUCH (1970) y ALLEN y col. (1974) indican los pros y contras que se pueden dar en la mineralización de un elevado número de elementos.

Los recipientes utilizados también pueden adsorber elementos y esto -en determinadas condiciones y para algunos elementos- puede constituir una fuente de error (WEST y col. 1966).

Las soluciones en que se mantienen los elementos a determinar -son ácidas y los requisitos de acidez varían de un elemento a otro. Muchas veces surge la necesidad de tener almacenados algún periodo de tiempo las soluciones acuosas de metales y ello puede ser la causa de que -se produzcan algunas pérdidas. Es interesante -a este respecto- el trabajo de SMITH (1973) que estudia la influencia del pH sobre la solubilidad y estabilidad de 15 metales en soluciones acuosas diluidas.

2.3.4.1.3.- Mineralización por combustión bajo presión

SCHÖNIGER (1956) describió una técnica de mineralización mediante combustión en corriente de oxígeno que ha sido modificada posteriormente por numerosos autores. JURION (1968) aplica esta técnica a la determinación de Ca, Mg, K, S, P, Na, Cl.

2.3.4.1.4.- Mineralización por fusión

KOVACSIK y LAPORTE (1968) aplicaron un método de fusión directa con tetraborato de litio a muestras vegetales.

BOWEN (1968) describe un procedimiento de mineralización que -- consiste en añadir una mezcla equimolecular de $\text{NO}_3\text{Na}/\text{NO}_3\text{K}$ a la muestra en la proporción de 20:1 y calentar a 390°C durante unos minutos. No se observan pérdidas apreciables por absorción en las paredes. No es necesario el empleo de un sistema cerrado puesto que los elementos volátiles son retenidos por la alcalinidad del medio. El producto obtenido es soluble en agua o ácidos diluidos. La gran cantidad de fundente empleado puede ser un serio problema. Sin embargo, como indica el autor, esta -- técnica puede considerarse útil en la determinación de ciertos elementos volátiles tales como halógenos, azufre y selenio.

2.3.4.1.5.- Puesta en solución mediante extracción

La extracción de nutrientes se realiza por simple difusión cuando éstos son solubles y de fácil extracción o bien por maceración, en caso contrario.

Se han ensayado una gran variedad de extractantes, entre los que cabe destacar como más usuales los que se relacionan a continuación.

2.3.4.1.5.1.- Agua

NITHINGALE y col. (1931), SCARSETH (1943) y BRADFIELD (1977), entre otros, han estudiado su idoneidad para diversos nutrientes y cultivos, así como la conveniencia de secar el material vegetal como paso previo.

2.3.4.1.5.2.- Tampón acético - acetato

Se ha usado con bastante profusión para la extracción de nutrien

tes, tanto en suelos como en plantas. Hay que regular bien el pH, la concentración del tampón acético - acetato, así como el tiempo de extrac--ción y la razón peso de la muestra/volumen de extractante, ya que estos factores influyen de forma significativa sobre las cantidades extraídas de los nutrientes (MOLINA-DIAZ, 1982).

2.3.4.1.5.3.- Acidos

El ClH ha sido utilizado por ABUTALIVOV (1956), CARPENA y col. - (1972b) NADIR (1968) y BRADFIELD (1977) para extraer Ca. BASSON y BOHMER (1972) ensayan diferentes concentraciones para la extracción de Cu, Zn, Fe, Mn, Ca, Mg y K. OSERKOWSKY (1933) lo utilizó para determinar la fracción de Fe que realizaba un papel activo en la formación de la clorofila.

El SO_4H_2 ha sido empleado por EMMERT (1935a y HALAIS (1951).

GONZALEZ y col., (1981) han encontrado buenos resultados en la determinación de K, Ca, Hg, Zn, Cu y Mn extraídos de diversos materiales vegetales con ácidos ClH ó NO_3H .

El ClO_4H por HELLIN y RAGA (1976) y HELLIN (1977) para la extrac--ción de Fósforo.

El acético por EMMERT (1935b, BRADFIELD (1977), ULRICH (1952), - HILL y col. (1954), ABUTALYVOV (1956), CARPENA y col. (1972b)y NADIR (1968).

El tricloroacético por HILL y col. (1954) para la extracción de P. LEGGETT y WESTERMAN (1973) dan buenos resultados para Mg, K, Na, Zn - y Ca.

2.3.4.1.5.4.- EDTA

BAKER y GREWLING (1967) describen que la aplicación de esta técnica en material vegetal seco y molido dá resultados cuantitativos para Ca, Mg, K, Mn, Zn y Cu.

2.3.5.- Técnicas analíticas

En principio, cualquier procedimiento analítico idóneo para el elemento a determinar servirá para la consecución de este fin. Sin embargo, hay factores claves que no se pueden perder de vista: sensibilidad, precisión, exactitud y rapidez de ejecución. Los procedimientos -- clásicos de análisis -largos y tediosos- están prácticamente abandonados debido al gran impulso que vienen tomando en los últimos años las modernas técnicas instrumentales, cuya rapidez de ejecución está fuera de toda duda.

PIPER (1942), en su libro "Soil and plant analysis" discute con detalle la aplicación de la colorimetría clásica al análisis de tejidos vegetales.

JOHNSON y ULRICH (1959) y JACKSON (1958) describen también numerosos métodos colorimétricos aplicados a la determinación de micronutrientes en muestras vegetales.

LUNDEGARDH (1934, 1938) desarrolló la espectroscopía de llama -- aplicada al análisis vegetal. MITCHELL (1964), discípulo de LUNDEGARDH, ofrece un buen compendio de la aplicación del análisis espectroquímico de emisión (arco y chispa) a la agrobiología. THOMPSON y BRANKSTON (1969) describieron un procedimiento de excitación de arco que daba buenos resultados comparados.

La espectroscopía de emisión mediante excitación con arco o chispa ha sido ampliamente utilizada sobre muestras vegetales calcinadas, - entre otros por: BAKER y col. (1964), CARPENTER y col. (1968), CHRISTENSEN y col. (1968), JONES (1976), KENWORTHY (1960), LACHICA y col. (1967).

Trabajos interesantes sobre la espectroscopía de emisión con llama son los de BERNEKING y SCHRENK (1957) y los de PICKETT y KOIRTYOHANN (1969).

En cuanto a la técnica de emisión de plasma cabe citar los trabajos de JONES (1977) y de DAHLQUIST y KNOLL (1978).

Una de las técnicas que más ampliamente está siendo utilizada, con gran diferencia, para determinar elementos minerales en tejidos vegetales es, sin lugar a dudas, la espectrometría de absorción atómica (EAA). Esta técnica fué introducida por WALSH (1955) en el análisis químico y los primeros trabajos de aplicación al análisis agrobiológico -- fueron los de ALLAN (1961a,b) y DAVID (1962). ISAAC y KERBER (1971) realizaron un documentado trabajo sobre la aplicación de esta técnica al análisis de tejidos vegetales.

La EAA de llama presenta algunas limitaciones, tales como baja sensibilidad para algunos elementos y alto volumen consumido de muestra para la determinación de un sólo elemento. Ello fue la causa de que se desarrollaran los atomizadores electrotérmicos, es decir, de la aparición de la EAA sin llama.

Según KOIRTYOHANN (1980) en el periodo comprendido entre 1969 y 1976 se desarrolla la implantación de los atomizadores de horno de grafito y la investigación sobre los problemas que encontraron en su aplicación. Sin embargo, L'VOV (1961) ya había propuesto situar la muestra en un cilindro hueco de grafito calentándolo por inducción con el fin de mejorar la sensibilidad de la técnica de llama. MASSMANN (1968) descubrió un horno más simple que se calentaba eléctricamente. El modelo que se utiliza actualmente es una modificación del de MASSMANN, diseñado por WELZ y WEINDEKING (1970) y MANNING y FERNANDEZ (1970).

Bajo el mismo fundamento de la absorción atómica, WINDFORDNER y ELSER (1971) utilizaron la fluorescencia atómica y WOODWARD (1969) -- realizó el análisis mediante EAA con lámpara sin electrodos.

WINDFORDNER, SYOBODA y CLINE (1970) han revisado las técnicas de espectroscopía de llama de emisión, absorción y fluorescencia aplicadas a distintos materiales, incluyendo las cenizas de tejidos vegetales.

LAPORTE, KOVACSIK y BELLANGER (1971) realizaron un amplio y detallado estudio de la aplicación de la EAA a los medios vegetales.

Existen procedimientos que llevan a cabo la determinación analítica sin recurrir al mineralizado previo de la muestra. Entre ellos, cabe destacar como uno de los primeros el método espectrográfico de MUNTZ y MELSTED (1955).

Existen procedimientos que llevan a cabo la determinación analítica sin recurrir al mineralizado previo de la muestra. Entre ellos, cabe destacar como uno de los primeros el método espectrográfico de MUNTZ y MELSTED (1955).

La EAA sin llama también permite realizar determinaciones sobre muestra sólida, obteniéndose así un procedimiento analítico que consume menos tiempo y elimina riesgos de contaminación al evitar el proceso de mineralización. Requiere condiciones especiales debido a las interferencias que ocasiona la matriz. El análisis del material vegetal mediante este procedimiento ha sido realizado -entre otros- por BRADY y col. (1974), LORCH (1978), NICHOLS y col. (1978) y MINGORANCE (1981).

La espectrofotometría de emisión de rayos X es otra técnica que no requiere la destrucción de la materia orgánica. La muestra vegetal -secada y molida a tenuidad adecuada es analizada directamente. Un amplio estudio de aplicación de esta técnica a muestras vegetales es realizado por KUBOTA y LAZAR (1971).

Otra técnica que tampoco precisa destruir la materia orgánica y está prácticamente exenta de fase preparativa es el análisis por activación neutrónica. Sus aplicaciones y usos en el análisis de plantas están descritos por HASKIN y ZIEGE (1971) y por SHIBIYA (1968).

MANGNIOT (1970) en su obra "La polarographie en agronomie et en biologie" dedica el capítulo 5 a la utilización de esta técnica para la determinación de los microelementos en plantas.

La fluorometría y nefelometría aplicadas a materia vegetal están descritas por PHILLIPS y col. (1971).

La utilización de electrodos iónicos específicos los describe CARLSON y KEENEY. (1971).

El uso de auto-analizadores, muy convenientes en laboratorios de rutina, han puesto de actualidad, en muchos casos, las viejas técnicas -especialmente las colorimétricas- pues, aunque algunas de ellas dejaban mucho que desear operando de forma manual, al automatizarlas y fijar de una manera muy rígida las condiciones operatorias dan unos coeficientes de variación muy bajos. STECKEL y FLANNERY (1971) describen la aplicación de un autoanalizador para la determinación de P, K, Ca y Mg en muestras vegetales. BASSON, BOHMER y STANTON (1969) describen un procedimiento automático para la determinación de B.

WARNER y JONES (1970) y UHL, LANCASTER y VOSNOVICH (1971) han descrito el uso de Autoanalizadores para la determinación de N.

La determinación de S utilizando la técnica del Horno de inducción LECO, ha sido descrita, entre otros, por TIEDEMANN y ANDERSON, --- (1971), JONES e ISAAC (1972), BREMMER y TABATAI (1971) y CADAHIA (1971).

Es difícil seleccionar específicamente cualquier método o técnica -por ser superior a otra- en el análisis de muestras vegetales. Dentro del análisis inorgánico de tejidos vegetales es -sin duda- la espectrometría, tanto de emisión absorción molecular y absorción atómica, la técnica más utilizada.

El C.I.I. (1968) dió a conocer un importante trabajo sobre métodos de referencia para la determinación de los elementos minerales N, P, K, Ca y Mg en vegetales. Con posterioridad, en el año 1972, lo hizo para la determinación de Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu mediante absorción atómica.

Algunos otros investigadores han acometido la labor de realizar estudios comparativos entre métodos y técnicas para perfilar las condi-

ciones más idóneas para los distintos elementos. El primero de estos estudios fué, quizás, el de KENWORTHY, MILLER y MATHIS (1956) y puso de manifiesto la no concordancia en los datos analíticos obtenidos para B, Al, Cu, Fe, Mn, Zn y Na.

BOWEN (1967) distribuyó una muestra de col entre 29 laboratorios para la determinación de 40 elementos. Se encontraron pequeñas diferencias entre los resultados obtenidos por diferentes técnicas para Cu, K, Mg, Na, P, Se, Sr y Zn. Se presenta un estudio comparativo de precisión entre los resultados obtenidos, mediante dos técnicas analíticas, para los elementos Ca, Co, Cu, Fe, Mn, Na y Zn. Es interesante la observación que realiza acerca de la obtención de altos valores utilizando la técnica de absorción atómica para Cu y Sr. A este respecto, y en concreto referido al primero de estos elementos, SIMMONS (1978) indica que estos errores se producen en los mineralizados perclóricos y que es debido principalmente al Ca.

Otros importantes trabajos encaminados a comparar resultados obtenidos por diversas técnicas, fundamentalmente por espectroscopía de emisión y absorción atómica son los de JONES (1969) y JONES e ISAAC (1969), en donde también queda de manifiesto que la reproducibilidad del Cu por EAA es inferior a la de otros elementos. ELLIS (1966) y LABASTIDE y VAN GOOR (1978) han realizado también este tipo de estudios comparativos.

La mayoría de las comparaciones realizadas indican la necesidad de establecer normas y modelos concretos que sean seguidos por todos los investigadores y que, como ya quedó establecido al principio de este capítulo, tan importante como la determinación analítica propiamente dicha lo son el muestreo y las distintas fases que corresponden a la labor preparativa de la muestra. A este respecto cabe señalar los resultados obtenidos por LACHICA y col. (1965) los cuales indican que, en lo que concierne a la reproducibilidad de los datos analíticos, la causa

que más contribuye a la varianza total de los mismos es la variación entre árboles. También encontraron que la variación entre muestras tomadas sobre un mismo árbol contribuye sólo en una pequeña proporción a la varianza total, siendo, en la mayoría de los casos, incluso menor que la variación debida a las propias determinaciones analíticas, realizadas siempre con la misma metodología.

2.4.- Expresión de los resultados

Quizás la forma más usual de expresar los resultados analíticos procedentes de un análisis foliar sea mediante la utilización de porcentaje para macronutrientes y de ug/g (o mg/Kg) para micronutrientes, siempre sobre muestra seca. Resultan ser las medidas más directas y cómodas. No obstante su simplicidad, esta forma de expresión está realizada en unidades físicas y no representa, por tanto, el número de unidades de elemento o la equivalencia combinatoria entre éstos, que realmente forman parte de la estructura vegetal. Es por ello que, con cierta frecuencia, también se utilizan otras formas de expresión, tales como:

Equivalentes, miliequivalentes o microequivalentes.

Atomos-miligramo por 100 g de muestra seca.

LUCAS y SCARSETH (1947) criticaron la utilización de los porcentajes como medio de evaluar la concentración de los iones en las plantas. Indican que los porcentajes tienden a minimizar o menospreciar las variaciones en Mg, mientras que acentúan las de K, y ello debido a los respectivos pesos equivalentes. Recalcan el hecho de que es necesario alrededor de tres veces más de K que Mg y aproximadamente dos veces más K que Ca, referido a peso, para obtener la misma equivalencia química.

La expresión en equivalentes fue también defendida por DROSDOFF y col. (1954). Sin embargo, tropieza con la seria dificultad de asignar un peso equivalente adecuada a aquellos elementos que funcionan con diversos números de oxidación en el interior de la planta.



La segunda expresión, átomos -miligramos por 100 g de muestra -seca, no presenta el inconveniente que se acaba de citar, puesto que el empleo de esta unidad no implica ninguna suposición previa.

Su utilización fué justificada por DOTTI (1964) y el primero en su utilización fué LUNDEGARDH (1951).

Hoy día se continúan utilizando los tres tipos de expresiones -enunciadas, no existiendo norma alguna o una clara predilección por --cualquiera de ellas.

2.5. Interpretación de los resultados

El fin práctico último que persigue el análisis foliar es poder establecer nítidamente la relación existente entre el estado nutritivo de una planta y la obtención de la máxima cosecha potencial posible. --Ello se puede abordar estableciendo cuál es la concentración de cada -elemento nutritivo, considerado esencial, que mejor se corresponda con una buena cosecha o bien estableciendo relaciones entre todos -en vez -de hacerlo aisladamente- los elementos nutritivos esenciales o entre un grupo de ellos con el rendimiento obtenido.

Surgen así dos formas distintas de interpretación que globalizaremos bajo los epígrafes "Concentración crítica de nutrientes" y "Nutrición equilibrada", respectivamente.

Sin embargo, la interpretación de los resultados analíticos no es tan simple como en un principio se pudiera pensar. Las relaciones de identidad mencionadas son de tipo empírico o cuando más semiempírico. -El dominio total del problema requiere que sea acometido por las vías -de la fisiología y de la bioquímica vegetal. Es necesario conocer con -profundidad cuál es la función que desarrollan los elementos minerales en las plantas, cuáles son las formas activas, y cómo condicionan el metabolismo vegetal.

Es necesario constatar que el contenido nutritivo de un vegetal no es condicionado únicamente por las sustancias puestas a su disposición, sino que hay un gran número de factores que lo alteran. TRZCINSKI (1978) da una relación de 18 distintos factores.

2.5.1.- Concentración crítica de nutrientes

Este criterio consiste -como se ha dicho anteriormente- en relacionar la acción que posee cada nutriente por separado con relación a la obtención de la máxima cosecha. Está basado en el concepto de "nivel crítico" de nutriente, que se desarrollará a continuación, y su objetivo primordial es conseguir una visión general del estado nutritivo de una especie vegetal y poder emitir, por tanto, un diagnóstico al respecto.

En la literatura se pueden encontrar múltiples y diferentes tablas que indican los valores adecuados, bajos o altos para los distintos elementos y cultivos. A título de ejemplo citamos: CHAPMAN (1966), GOODALL y GREGORY (1947), NEVHERT y col. (1969) y JONES (1974).

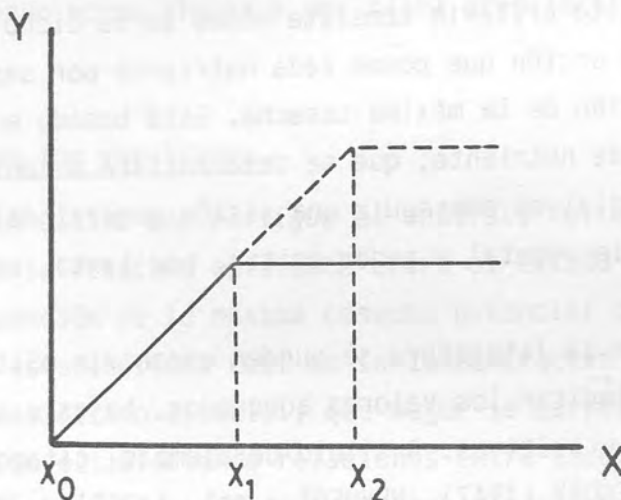
En muchos casos no se cuenta con información sobre los niveles críticos y óptimos de los diferentes elementos para la zona que se estudia, pero, tal y como indica LEECE y col. (1971), los valores señalados en la literatura para una especie determinada pueden ser aplicables - - cuando se emplean técnicas de muestreo comparables en cuanto al tipo y edad fisiológica del tejido muestreado - a las utilizadas por los autores cuyos trabajos se toman como referencia. Por tanto, estos datos pueden constituir la base del inicio de este tipo de estudios.

2.5.1.1.- Bases interpretativas

LIEBIG (1840, 1845) estableció que el crecimiento de las plantas era directamente proporcional al suministro del nutriente que se había suministrado en menor cantidad.

Su famosa ley del mínimo establecía que: "La cosecha de un cultivo siempre depende del constituyente nutritivo que está presente en la menor cantidad". Es una ley cualitativa que no precisa la relación entre el contenido de elementos y la cosecha.

La representación gráfica de la ley del mínimo puede hacerse de la siguiente forma:



Gráfica 1

y = rendimiento o cosecha

x = conc. de los diversos elementos nutritivos

El tramo continuo representa la respuesta de la cosecha al aumento del contenido de un nutriente. Esta relación es proporcional hasta x_1 . Después existe una invarianza de y, debido a que otro factor es el limitante.

El tramo discontinuo indica que ese segundo factor, que ha pasado a ser el limitante, es llevado a un nivel de contenido superior y, como consecuencia de ello, la respuesta de "y" aumenta hasta un valor x_2 a partir del cual vuelve a hacerse invariante.

La ley de MITSCHERLICH (1909) de los retornos disminuyentes establece que "El aumento de cosecha por unidad de nutriente limitante aplicado es directamente proporcional al descenso de la cosecha mínima".

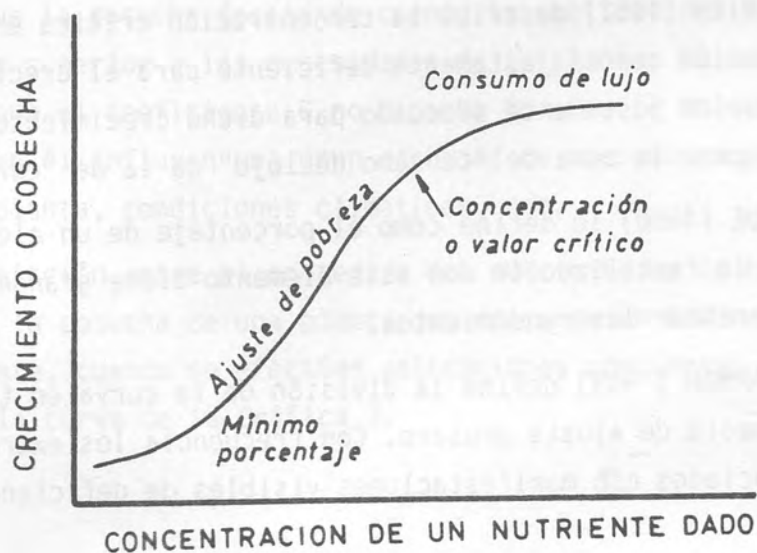
MITSCHERLICH, al igual que LIEBIG, cree que es uno solo el factor limitante en un momento dado. Pero, sin embargo, a través de numerosos experimentos encontró que la respuesta a la adición de ese factor en cantidades crecientes -estando los demás en cantidad suficiente para la planta- no era lineal.

Matemáticamente lo expresó mediante la siguiente ecuación:

$$\frac{dy}{dx} = C (A - y) \quad \text{o bien} \quad Y = A (1 - e^{-ex})$$

donde dy es el aumento en crecimiento o en cosecha resultante de un incremento del factor de crecimiento representado por dx . "A" es la máxima cosecha posible cuando todos los factores son óptimos. "Y" es la cosecha después de que una determinada cantidad del factor "X" ha sido aplicada, y "C" es una constante de proporcionalidad que depende de la naturaleza del factor de crecimiento.

La ecuación anterior da una curva que tiende asintóticamente a la producción máxima A. (Gráfica 2).



Gráfica 2

La parte llamada de mínimo porcentaje da unos niveles de crecimiento muy pequeños cuando los niveles de nutrientes son marcadamente bajos. A continuación, en el tramo denominado "ajuste de pobreza", existe una respuesta lineal del crecimiento con respecto al aumento en el suministro de nutriente. Por último, la zona del consumo de lujo no produce incremento del crecimiento.

2.5.1.2.- Concepto de concentración o valor crítico. Zona crítica

Diversos autores han utilizado tres segmentos para explicar la respuesta de la planta con vista a obtener la máxima cosecha a la adición de un nutriente determinado y han establecido un parámetro que se ha denominado "porcentaje o nivel crítico".

MACY (1936) introdujo el concepto de "porcentaje o valor crítico" para cada elemento nutritivo. Estableció que las cantidades de nutrientes que excedían del porcentaje crítico no podían ser utilizados por la planta, mientras que las cantidades inferiores representan una "zona de -pobreza" y que a un nivel aún menor representan una "deficiencia". Por --tanto, el porcentaje crítico es aquella concentración que separa la zona de carencia de la de suficiencia.

ULRICH (1952) describe la concentración crítica en términos de -la concentración que es justamente deficiente para el crecimiento máximo; o bien lo que es justamente adecuado para dicho crecimiento o como aquel valor que separa la zona de "consumo de lujo" de la de "carencia".

LOUE (1980) lo define como el porcentaje de un elemento por debajo del cual la fertilización con este elemento tiene grandes probabilidades de incrementar los rendimientos.

CHAPMAN (1949) define la división de la curva en tres intervalos como una especie de ajuste grosero. Con frecuencia los extremos de la curva están asociados con manifestaciones visibles de deficiencia o de exce-

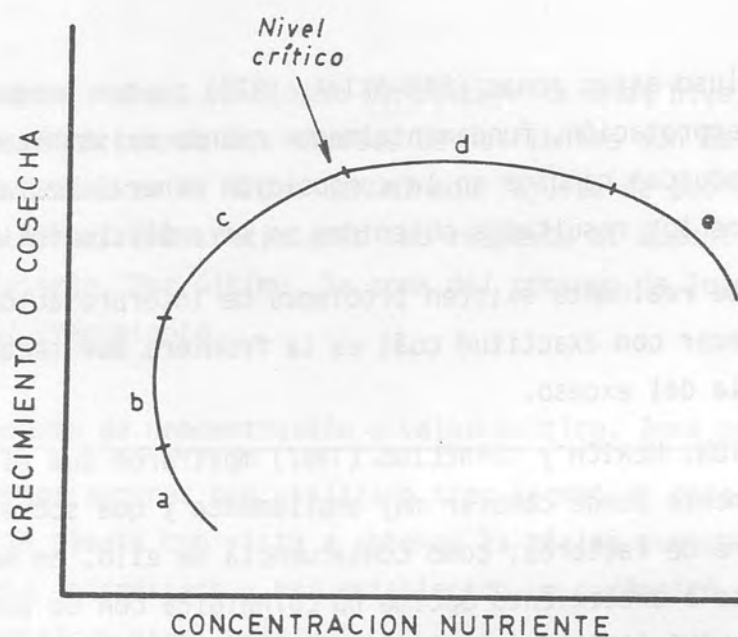
so, pero incluso estas zonas (BAR-AKIVA, 1970) pueden presentar dificultades de interpretación, fundamentalmente cuando existan condiciones adversas que induzcan cambios en la composición mineral de las hojas que -hagan ambiguos los resultados obtenidos en el análisis foliar.

Donde realmente existen problemas de interpretación es a la hora de establecer con exactitud cuál es la frontera que separa el nivel de deficiencia del exceso.

HYLTON, ULRICH y CORNELIUS (1967) mostraron que el nivel crítico de un elemento puede cambiar muy ampliamente y que sobre él influyen un gran número de factores; como consecuencia de ello, en muchos casos, -el rendimiento o crecimiento óptimo no coincidirá con un punto definido de la curva. LOUE (1963), refiriéndose a los niveles de K en maíz sugirió que era mucho más conveniente referirse a una zona crítica que a un nivel crítico. En un concepto ya más amplio, FERNANDEZ (1974) indica que la concentración crítica de un nutriente es aquélla en que más probabilidades existen de que se encuentre en proporción equilibrada con los otros nutrientes de la planta.

La ecuación de MITSCHERLICH da, como ya se ha indicado, una curva que tiende asintóticamente a la producción máxima (A), pero la experiencia muestra que la cosecha desciende cuando la cantidad del factor de --crecimiento es superior a las necesidades de la planta. Es necesario tener presente que el coeficiente C no depende únicamente del factor de --crecimiento, en él influyen una gran cantidad de circunstancias que dependen de la planta, condiciones climáticas, etc.

La relación entre el contenido del nutriente en la hoja y el --crecimiento o la cosecha de una planta que crece en un medio deficiente en ese nutriente, cuando se efectúan aplicaciones crecientes de él al --suelo, sigue la curva de la Gráfica 3.



Gráfica 3

La diferencia fundamental de esta curva con la anterior radica en que se ha subdividido la zona intermedia en tres niveles. Se intenta de esta manera elevar la precisión entre la concentración de un nutriente y la respuesta de la planta. Esta curva fue introducida por KENWORTHY (1949) y REUTHER y SMITH (1954).

La zona a, llamada de deficiencia extrema o severa, aumenta la cosecha pero no la concentración de nutriente en la hoja. Este fenómeno parece estar relacionado con un proceso de dilución y se denomina "efecto Steerbjerg (1954)". La zona b, dentro también de la deficiencia severa, indica un posible aumento de cosecha con ningún aumento en el contenido de nutriente de la hoja. Estas dos zonas no se encuentran corrientemente en los cultivos de campo, excepto cuando el medio es muy deficiente en el factor de crecimiento, como sucede en los suelos con alta capacidad fijadora de un elemento nutritivo, tal y como indican DEMOLON --- (1966) y TISDALE y NELSON (1966). En la zona c se produce un incremento

de cosecha con el aumento del nivel de nutriente, hasta llegar a un punto a partir del cual la cosecha permanece constante; este punto de in--flexión se denomina "nivel crítico" del nutriente respectivo. La zona d donde el crecimiento o cosecha no aumenta, aunque sí lo haga el contenido de nutriente, se conoce como zona de "consumo de lujo". Por último, la zona e indica que puede haber disminución de la cosecha al aumentar excesivamente la concentración de nutriente en la planta, debido a un efecto tóxico o a un desequilibrio entre nutrientes SMITH (1962).

Sin embargo, es necesario tener presente que la concentración de nutrientes en plantas está influenciado por un gran número de factores y no es raro encontrar en la bibliografía, valores muy similares para un elemento determinado en parcelas de alta y baja producción, como han descrito, por ejemplo, BROM y SALMANO (1969) para el caso del N en huertos de citrus.

GOODALL y GREGORY (1947) señalan que el crecimiento de la planta está condicionado a dos conjuntos de factores:

a) Factores externos, tales como luz, temperatura, agua y suministro de nutrientes (fertilización).

b) Factores internos, principalmente nutritivos pero también -- hormonales.

Para cada factor existe un nivel óptimo de intensidad: el crecimiento aumentará si la intensidad es aumentada hasta ese nivel y disminuirá si se sigue elevando. Estos óptimos no son fijos y dependen de todos los factores conjuntamente.

HEWITT (1957) indica que la concentración de un nutriente en hoja está controlada primariamente por el aporte nutritivo, pero que puede estar influenciada por factores secundarios, tanto internos como exter--nos. Esos factores son los responsables de las variaciones entre las concentraciones de nutrientes en hojas, que, algunas veces, ocurren entre -

muestras tomadas de sitios con condiciones similares de fertilidad de suelo. Estas variaciones son las causantes de que, a veces, se cuestione la utilidad práctica del análisis foliar. Por ello, han de establecerse una serie de consideraciones fundamentales a la hora de interpretar los resultados (FERNANDEZ, 1966). Estas son:

a) En un medio homogéneo y bajo los mismos factores externos, las hojas morfológicamente homogéneas (de la misma edad fisiológica) dan los mismos resultados analíticos.

b) Hojas de plantas de la misma especie, cultivadas en medios desiguales o sometidas a factores externos distintos, tendrán, en general, diagnósticos foliares diferentes. Si las plantas muestran respuestas (usando como criterio el desarrollo o el rendimiento) a diferentes medios o factores (por ejemplo, tratamiento con fertilizantes), dichas respuestas serían reflejadas automáticamente por la composición química de la hoja.

c) Puesto que los diagnósticos foliares están sujetos a variaciones de origen externo, como clima u otros, no es posible utilizar, en sentido absoluto, los valores obtenidos. Estos valores podrán tener utilización práctica cuando se utilicen hojas del mismo tipo, de la misma localidad, de la misma especie y cultivadas en condiciones muy similares en cuanto a factores externos se refiere.

2.5.2.- Factores que afectan la composición mineral de la hoja

La hoja ha sido definida como el laboratorio químico de la planta por LAGATU y MAUME (1934). En ella se producen, simultáneamente, un gran conjunto de reacciones físico-químicas que imprimen un carácter dinámico a su propia constitución y que se ven afectados por las circunstancias en las que se desarrolla la planta. La mayoría de los factores que afectan la composición de la hoja están interrelacionados, pero para mayor claridad y siguiendo el trabajo de SMITH (1962) los agruparemos de la siguiente forma:

2.5.2.1.- Efecto del crecimiento

El crecimiento de la hoja está representado por un aumento de tamaño de la misma y, por tanto, por un aumento de su peso seco, que es la base a la que referimos los datos analíticos. Si un elemento está -- presente en una cantidad determinada en el tejido joven, y cuando éste crece la cantidad sigue siendo la misma, habrá ocurrido una disminución en su concentración, es decir, se habrá dado un efecto de dilución. Este efecto será general a menos que la afluencia de nutrientes lo compense. Esta es la explicación que numerosos autores (ULRICH, 1955) dan al hecho de que ciertos elementos (N, P, K,) disminuyen su concentración - en hoja con la edad de la planta, mientras otros (Ca, Mg) la incrementan.

Los trabajos de KWONG y BOYNTON (1959) en hojas de fresas, también ponen de manifiesto que durante las primeras seis semanas, transcurriendo paralelamente con el incremento de materia seca, se produce una disminución de N, P, y K.

LINGLE y HOLMBERG (1957) trataron por vía foliar plantas de -- maíz deficientes en Zn y Mg y observaron que, al mismo tiempo que se -- producía un incremento en el crecimiento, disminuían las concentraciones de K y P en hoja. No ocurría así con las de Ca y Mg, las cuales se mantenían constantes. Lo que evidencia, una vez más, que la dilución no afecta a todos los elementos nutritivos.

MASON y WHITFIELD (1960) observaron que durante el crecimiento, las hojas de manzano variaban las concentraciones de N, P, K, Ca y Mg. - Este mismo efecto fue comprobado en hojas de citrus por DEVILLIERS y BEYERS (1961) y GALLO y col. (1960).

SATO (1961) puso de manifiesto que el crecimiento de nuevas partes de la planta hacían variar el contenido de nutrientes en hojas. Trabajando con citrus, encontró que la salida de nuevos brotes deprimía el contenido de N y P en las hojas más viejas.

2.5.2.2.- Efecto de la fructificación

SMITH (1962) ofrece una amplia relación de trabajos que indican como se ve modificada la composición de la hoja por este factor.

EMMERT (1959) establece que, en árboles frutales, un incremento de cosecha conlleva un incremento en las concentraciones foliares de N.-P, Ca y Mg y un descenso del K foliar.

Las hojas de árboles no fructificados tienen un tamaño mayor -- que las de aquéllos que poseen frutos. La concentración de elementos nutritivos es mayor en éstos, pero, sin embargo, la cantidad absoluta de nutrientes es mayor en aquéllos (Mc CLUNG y LOTT, 1956).

Según SMITH (1962), existe una gran concordancia de criterios -- respecto a la disminución de K foliar cuando se produce la fructificación. Ello indica que esta función vegetativa requiere una gran demanda de K.- Este mismo autor también comenta algunos trabajos que evidencian que la -- proximidad de la hoja muestreada al fruto también influye en la composi-- ción de ésta.

GONZALEZ y col. (1968) indican que algunos desequilibrios nutritivos del olivo, que originan disminuciones de cosecha, tienen su origen en la fuerte demanda de K durante la fructificación.

2.5.2.3.- Efecto de la edad

Los elementos minerales evolucionan según la edad del tejido, de acuerdo con tendencias que no pueden ser modificadas por factores externos (suelo, clima, etc.) y solamente el nivel de suministro de elementos de la planta pueden desplazar, en mayor o menor grado, estas tendencias.

La edad de la planta entera es relativamente insignificante cuando se analizan tejidos de edad similar en árboles de diferentes edades. -- Aunque este factor conlleva los efectos de otros, tales como medio ambiente, estado fenológico, etc., es lo suficientemente fuerte como para mostrar

la similitud de composición en diferentes ciclos de crecimiento, tal y como ha quedado establecido por SMITH y col. (1950, 1952) y por KOO y SITES (1956). Ellos encontraron que las hojas formadas en primavera, al igual que aquéllas que se desarrollan en otoño, son de composición muy semejante, si tienen la misma edad cronológica. POZUELO y col. (1980) no encuentran diferencias de contenido para ninguno de los elementos estudiados en parrales de 3 y 7 años.

La Tabla III está basada en las recopilaciones realizadas por SMITH (1962), YAÑEZ (1969) y MOLINA-DIAZ (1982) y completada con las experiencias de GONZALEZ y col. (1972), BEDNAROVA (1973), VITANOVA y col. (1979), YAÑEZ y col. (1979), SORIA y col. (1982), SANCHEZ (1970), MANNS (1972), BAHAMONDES (1972), SPENCER y MUÑOZ (1972) DIAZ y FUENTES (1972) y STOILOV y MARINOV (1979).

2.5.2.4.- Efecto anual

La composición mineral de los tejidos de la planta puede variar de un año al siguiente por la incidencia de una serie de factores que alteran la fisiología de la misma. Según ULRICH (1952), estos cambios están asociados a la variabilidad de clima y a fenómenos tales como heladas, tormentas, plagas, etc. Así tenemos que CAIN y BOYNTON (1948) encontraron en hojas de manzano una concentración más alta en K durante un año de baja cosecha por helada que durante un año de gran cosecha.

DUNCAN (1955) anota que la diferencia en composición mineral que presentan varios cultivos que han crecido en suelos del mismo tipo, pero unos agotados y otros correctamente fertilizados, presentan menos variación que cuando se consideran los valores correspondientes a dos años consecutivos en un mismo suelo y con las mismas características. CLEMENTS (1961) comprobó grandes variaciones anuales en el contenido mineral de la caña de azúcar en Hawai.

SMITH y col. (1963) han reunido los datos de 16 años de experiencias en citrus, juzgando las variaciones anuales de 5 macronutrientes y encontrando que las máximas diferencias por elemento eran las siguientes: N 30%, P 30%, K 53%, Ca 70% y Mg 76 %.

2.5.2.5.- Efecto translocacional

ROGERS y col. (1955) indicaron que, debido al carácter eminentemente dinámico del contenido en nutrientes que poseen los tejidos vegetales, existe una continua redistribución de los elementos dentro de la planta y, portanto, un tejido puede incrementar el contenido en un elemento a costa de que otro lo pierda.

WALLACE y col. (1954) han determinado que las hojas de citrus - pueden perder de un 25 a un 30% de N, ya que el elemento migra hacia los tejidos en crecimiento. Esto puede originar un contenido bajo para este elemento en hojas adultas, que se puede prolongar durante unos meses, debido a que son las hojas jóvenes quienes absorben preferentemente el N.

El movimiento del Mg desde la hoja al fruto ha sido descrito -- por FUDGE (1939) para Citrus y MOON y col. (1952) para manzano.

BIDDULPH y col. (1958) y RINNE y LANGSTON (1960) han demostrado que el P circula en sentido longitudinal y no lateral. Esto conlleva el que se pueda dar una distribución asimétrica cuando únicamente una parte de la raíz tiene este elemento a su alcance.

BIDDULPH (1954) ha demostrado que un alto contenido en fosfatos puede originar la precipitación de Fe en los tejidos conductores. Este hecho tiene una clara importancia en la interpretación del análisis y depende de la cantidad de tejido vascular incluido en la muestra, el cual, según ya anotó LUNDEGARDH (1954), puede llevar a confusión a la hora de interpretar ya que ese Fe no es activo fisiológicamente.

TABLA III

Evaluación temporal de algunos elementos esenciales en diversos tipos de cultivos.

<u>PLANTA</u>	<u>DISMINUYEN</u>	<u>AUMENTAN</u>	<u>REFERENCIA</u>
Aguacate	N, P, K, S	Ca, Mg	JAIME y ESTEBAN (1977)
Albaricoquero	N, P, K	Ca, Mg	STOILOV y MARINOV (1979)
Almendro	N, P, K, S Zn, Cu	Ca, Mg Fe, Mn	SORIA y col. (1982)
Cerezo	N, P, K	Ca Ca, Mg	VITANOVA y col. (1979,1980) BEDNAROVA y col. (1979)
Chirimoyo	N, P, K, Zn	Ca, Mn, Fe	DIAZ y FUENTES (1972)
Citrus	N, P, K, Cu, Zn	Ca, Mg, Mn Fe, Al, B	LABANAUSKAS y col. (1959)
Damasco	N, P, K	Ca, Mg, Fe	BAHAMONDES (1972)
Durazno	N, P, K, Zn	Ca, Mg	SANCHEZ (1970)
Guindo	N, P, K, Zn	Ca, Mg	MANNS (1972)
Guisante	Fe, Mn, Zn, Cu	B	YANEZ y col. (1979)
Higuera	N, P, K	Ca, Mg	PROESBSTING y WARNER (1954)
Manzano	N, P, K	Mg	ROGERS y col. (1953)
	N, P, K, Mg	Ca, Fe, Mn, Cu	GONZALEZ y col. (1972)
Melocotonero	N, P, K, Cu, Zn	Ca, Mg, Mn Fe, Al, B	BATJER y WESTWOOD (1958) Mc CLUNG y LOTT (1956)
Olivo	N,P,K,B,Cu,Zn	Ca, Mg, S,Fe,Mn	RECALDE y ESTEBAN (1964) BOUAT y col. (1953, 1958) YANEZ (1969)
Patata	N, P, K	Ca, Mg	ESTEBAN (1976) ESTEBAN y AGUILAR (1976)
Peral	N, P, K	Ca, Mg	SPENCER y MUÑOZ (1972)
Piña	K	Ca	OPPENHEIMER y col. (1961)

2.5.2.6.- Interacción de iones

EMMERT (1961) define este fenómeno como la influencia que tiene el aumento o disminución de la concentración de un determinado ión sobre la acumulación de otros iones.

Los resultados demuestran el hecho bien documentado de que un cambio importante en la concentración de un ión, puede estar seguidos de cambios en la concentración de otros iones, induciendo una cadena de interacciones que pueden cambiar la composición iónica del tejido, considerada en su conjunto.

EMMERT (1961) distingue entre cambios primarios, basados en su totalidad en el suministro y que implican directamente al elemento alterado en el medio, y cambios secundarios, como puede ser el efecto del cambio primario sobre el contenido de otros nutrientes. En algunos casos, aparentemente no ocurre el cambio primario en lo que respecta al contenido en hoja del nutriente suministrado; sin embargo, éste puede inducir profundos cambios secundarios no sólo en la composición mineral de las hojas, sino también en la cantidad y calidad de la cosecha.

El antagonismo puede tener lugar, según PREVOT y OLLAGNIER (1961) a tres niveles: a) de absorción; b) de transporte y c) de utilización en el punto de destino. Se conocen numerosos ejemplos de cada caso --- (SMITH, 1962).

REITZ y KOO (1960) evidencian la importancia práctica que puede poseer el conocimiento de las interacciones iónicas. Afirman que una baja concentración de un elemento en el tejido puede ser el resultado de una aplicación excesiva de otra. Así por ejemplo, en citrus, para corregir una deficiencia de Mg, puede ser más conveniente reducir la aplicación de K que aumentar el aporte de Mg.

No se pretende en este apartado, al igual que en el capítulo, como un entero, realizar una revisión detallada; por ello, sólo nombraremos

a continuación algunas citas de la ingente cantidad que se puede encontrar en la bibliografía a este respecto. Numerosos casos de interacciones están descritos por SMITH (1962); MONSALVE y LOTERO (1978); TAKKAR y KANDHAWA (1978); ROMERO, (1981), etc.

WALLACE (cit. DIOS VIDAL y ALBAREDA, 1954) señala los siguientes casos de interacciones: N/P, N/K, K/Mg, Mg/Ca, Na/Ca, Ca/Mn, K/Fe, P/Zn y Ca/Fe en los que, en general, el primer elemento tiende a deprimir el segundo, aunque los efectos pueden ser mutuos.

No es raro encontrar datos francamente contradictorios en la bibliografía. Muchas veces es debido a que dichas interacciones se corresponden a plantas de géneros totalmente distintos.

Efectos ampliamente comprobados son la disminución del P foliar cuando se encrementa el suministro de N (BURR, 1961; EMMERT, 1961; PREVOT Y OLLAGNIER, 1961). También el antagonismo del K con el Ca y Mg --- (DIOS VIDAL y ALBAREDA, 1954a; MUNSON y NELSON, 1973; GERALDSON y col. 1973).

Son ejemplos de sinergismo el simultáneo incremento de Na y K -- al aplicar K (PREVOT y OLLAGNIER, 1961); el incremento de Zn y Mg al -- aplicar Mg (BARROWS y col., 1960); el incremento de Ca y Mg al aplicar Ca (EMBLETON y col., 1958); el incremento de N y Mg al aplicar N (EMMERT, 1961).

Las plantas deficientes en Fe tienen un contenido mayor de N soluble que las normales como resultado, quizás, de una destrucción de -- las proteínas (ILJIN, 1943). Se ha demostrado que las plantas cloróticas acumulan más arginina que las normales (HOLLEY y CAIN, 1955; WALLACE y col. 1976).

El exceso de Mn provoca en las plantas síntomas de deficiencia en Fe y desde hace muchos años se sugirió (SHIVE, 1941; SOMERS y col. - 1942) que el alto potencial redox del sistema Mn^{++}/Mn^{+++} provocaría la oxidación del Fe^{++} a Fe^{+++} en la célula y éste sería precipitado por el fosfato (NOACK y LIEBICH, 1941).

LINGLE y col. (1963) indican que el Zn es el elemento que más fuertemente interfiere con el Fe y que limita seriamente su absorción. BROWN (1978) indica que existe una competencia a nivel de absorción entre el Zn y el Fe^{++} .

ISHIZUKA y col. (1968) observaron que la absorción de Mn se reduce al aumentar la concentración de Zn en soluciones nutritivas. No obstante, hay algunos autores, como MAZEPIN y ABRAMOV (1975), que indican que el comportamiento de ambos cationes puede ser sinérgico.

Un antagonismo muy ampliamente establecido es el del K con Ca y Mg. Tal como indicó LOUE (1963), el porcentaje de Ca y Mg disminuye con el aumento de K en hoja.

EMMERT (1961) proporciona suficiente evidencia sobre la estabilidad de la dirección de la interacción de varios pares de iones y grupos, aunque es necesario recalcar, que para otros muchos casos se encuentran resultados contradictorios en la bibliografía.

2.5.2.7.- Efectos multielementos

Hasta ahora hemos visto que la variación en el suministro de un elemento puede afectar al contenido de otro. Sin embargo, este hecho no queda limitado a esta simplicidad de acción. SHEAR y col. (1953) hallaron que el estado nutritivo vegetal puede ser modificado muy ampliamente por el hecho de variar el suministro de un elemento.

SMITH (1962) recopila algunas experiencias sobre citrus en las que se pone de manifiesto la variación producida en la composición mineral de la hoja como consecuencia del incremento en el suministro de un elemento esencial. Así, por ejemplo, se manifiesta que el N influyó en la concentración de 8 elementos.

El K foliar fué afectado por nueve elementos. La aplicación de oligoelementos también produce cambios y, en algunos casos como el del

B, de apreciable magnitud. SMITH describe que este elemento interacciona con los cationes principales.

ROBERTS y KENWORTHY (1956) demostraron que no es nada fácil predecir qué efecto puede tener sobre los resultados obtenidos en el análisis foliar una variación en la totalidad de los nutrientes suministrados a la planta. Trabajando con plantas de fresa evidenciaron que soluciones nutritivas con distintas concentraciones no afectaban básicamente el crecimiento del vegetal, pero en cambio si lo hacía -y además ampliamente- con la concentración mineral del mismo.

2.5.2.8.- Efectos varietales

Son muy numerosos los investigadores que han observado que la genética de la planta juega un importante papel sobre los factores que, en última instancia, determinan el contenido de elementos minerales en las mismas.

HALIM, WASSON y ELLIS (1968) estudian las alteraciones ocasionadas por deficiencias de Zn y la interacción P-Zn en algunas variedades e híbridos de maíz. Encontraron que los híbridos eran resistentes a la deficiencia de Zn y ello fué relacionado con un determinado desarrollo de la raíz.

STIVERS, GRIFFITH y CHRISTMAS (1970) averiguaron que algunos de los principales híbridos de maíz diferían significativamente en su contenido nutritivo mineral foliar y que el elemento principalmente afectado era el K.

SMITH (1966) indica el efecto que poseen distintas variedades y especies sobre la composición mineral en hojas de citrus. WALLACE y col. (1952) (cit. por Smith) indican que estas diferencias son inherentes a diferencias en el metabolismo, en la estructura de las hojas y a la translocación de nutrientes en las distintas especies. ALCARAZ (1965) - demuestra que existen fuertes variaciones en las evoluciones anuales de N, P, K, Ca, Mg y Mn de 4 especies en citrus.

AWAD y KENWORTHY (1963) encontraron, para cuatro variedades de manzano, que el contenido en N, K, Ca, Mg, B y Mo era estadísticamente distinto. TITUS y GHOSHEH (1963) confirmaron -para este mismo cultivo- que los efectos varietales sobre la composición mineral de la hoja -especialmente sobre K- puede ser considerable.

GONZALEZ y col. (1972) también detectan distintos contenidos -para varios elementos en tres distintas variedades de manzano.

El distinto contenido en K es un hecho marcadamente señalado --por SPENCER y MUÑOZ (1972) para las variaciones Winter Nelis, Bartlet y Packams de peral.

Otros investigadores que citan diferencias varietales son BAKER y col. (1970) en maíz; ANDERSON y HARRISON (1970) en algodón; BROWN -- (1971) en hortalizas.

2.5.2.9.- Efectos ambientales y características y estructura del suelo

2.5.2.9.1.- Humedad del suelo

El contenido mineral de una planta puede estar seriamente influenciado por la cantidad de humedad de que dispongan las raíces de la misma. Como indican MUNSON y NELSON (1973) el intervalo óptimo para un determinado elemento puede estar en función de la humedad del suelo sobre el que vive la planta.

BARBER (1962) ha estudiado este factor e indica que la humedad del suelo influye la liberación de determinados elementos a partir -de la materia orgánica del suelo. Es por ello que cuando las plantas están bajo unas condiciones pobres de humedad, elementos tales como el P y K -que se mueven en las raíces por un mecanismo lento de difusión- --pueden disminuir su contenido foliar aunque se encuentren en cantidades adecuadas en el suelo. HIBBAR y NOUR (1959) investigaron el efecto que -

producía una deficiente humedad en el suelo en varios cultivos frutícolas. Hallaron que las plantas que crecían en estas condiciones tenían un bajo contenido en P y K, y que éstos no aumentaban ni siquiera cuando se suministraba una adecuada fertilización en estos elementos. Sin embargo, cuando se incrementaba la humedad, aumentaba el contenido de estos elementos. Estos efectos han sido también descritos por ARCHIBALD (1964) y VOSS (1970).

BENNETT y col. (1964) estudiaron la influencia del valor de la capacidad de campo con relación al contenido en K. Encontraron que un aumento inicial de humedad aumentaba el porcentaje de K, pero que valores altos lo reducían. Estos resultados están de acuerdo con LAWTON (1945), que indica que un exceso de humedad reduce la absorción de elementos tales como el K, que requiere una determinada aireación para su correcta absorción.

LEECE (1975) manifiesta que unas marcadas condiciones de sequía sobre todo en primavera, reduce la absorción de nutrientes. Comprobó, en huertos de cerezos, que ello afectaba a todos los macronutrientes y en especial al K. Sugiere que una irrigación suplementaria puede ser más adecuada que un proceso de fertilización con vistas a mantener los niveles de K.

2.5.2.9.2.- Temperatura

La temperatura es un factor a tener en cuenta para conseguir un adecuado estado nutritivo en la planta. La disponibilidad de un nutriente en el suelo puede aumentarse cuando llegamos a un valor óptimo de temperatura, bien por un aumento en la actividad microbiana o por un mayor valor de difusión del elemento hacia las raíces.

CARY (1970) demostró que cuando la temperatura de la raíz se elevaba desde 19°C a 25°C se incrementaba la absorción de nutrientes, mejoraba el crecimiento y se daba una mejor calidad en los frutos de cítricos.

SMITH (1968, 1971) observó en alfalfa que para climas frescos - se hace necesario un mayor aporte de nutrientes al suelo para que se alcancen concentraciones de elementos en plantas, comparables a las obtenidas en climas más cálidos.

EPSTEIN (1971) ha estudiado los efectos de la temperatura sobre la composición mineral de patatas. Encontró que se hacía necesario un adecuado aporte de nutrientes para vencer los efectos adversos de las temperaturas más bajas y elevar así las concentraciones de nutrientes.

LABANAUSKAS y col. (1965) estudia los efectos que la temperatura del suelo y la aireación del mismo ejercen sobre el contenido de macro y micronutrientes en citrus. Sus resultados son coincidentes con lo anteriormente expuesto.

2.5.2.9.3.- Textura y contenido en materia orgánica del suelo

Varios autores (BORATYNSKI y col., 1967; GUPTA, 1968; JENSEN y LAMMA 1961; NAIR y COTTENIE, 1971; RANDHAWA y col. 1965) han señalado la influencia que tiene la textura del suelo sobre el contenido en elementos esenciales de las plantas; así por ejemplo, está sobradamente probado el menor contenido en oligoelementos de los suelos de textura gruesa respecto a los de textura fina.

La cantidad total de un oligoelemento en el suelo puede ser un dato orientador acerca de la disponibilidad del mismo, aunque, debido a los diversos factores que influyen en la misma, no se puede tomar nunca como un índice seguro. Sin embargo, en el informe de la FAO "Problemas de oligoelementos en relación con las unidades de suelos en Europa", -- donde se enumeraron suelos deficientes aparentemente en B, Mn, Co, Cu, Mo, I, Fe y Zn de 16 países, en la gran mayoría de los casos la textura era arenosa o gruesa

El contenido en materia orgánica de un suelo es un factor que no se debe perder de vista en relación con la nutrición de la planta.

SILLANPAA (1962) han encontrado que el contenido de micronutrientes de un suelo parece crecer al aumentar la materia orgánica del mismo, encontrándose el óptimo para un contenido del 5 al 15% de materia orgánica. La relación entre la materia orgánica del suelo y los nutrientes de las plantas ha sido ampliamente estudiado por MORTENSON (1963) Y WALLACE -- (1963).

2.5.2.9.4.- pH del suelo

De los distintos parámetros que constituyen el análisis adecuado de un suelo, el pH puede tener una importancia vital, usándose como una guía general de la disponibilidad nutritiva. La acidez del suelo -- puede influir en la absorción, sobre todo, de cationes (ALDRICH y col. 1955; SMITH, 1957; WARD y col. 1973).

La mayoría de los nutrientes minerales de las plantas tienen -- una adecuada disponibilidad para un intervalo de pH con valores comprendidos entre 6 y 7. Los metales pesados se hacen más solubles para valores de pH inferiores a los indicados y entonces pueden llegar a alcanzar niveles tóxicos (GRASMANIS y LEEPER, 1966). Por encima de un valor del pH = 7, los metales pesados se hacen menos solubles, pudiendo interferir el bicarbonato cálcico con la absorción y desplazamiento del Fe en las plantas (BENSON y col. 1966; RUTLAND y BUKOVAC, 1971).

JONES y HAGHIRI (1963) indicaron que el pH del suelo tiene una notable influencia sobre la absorción de Mg, que es favorecida por un -- pH alcalino.

Cuando el pH excede de 8,5 es conveniente determinar el porcentaje de Na cambiante en el suelo, ya que es muy posible que exista un problema de salinidad. Este problema puede no quedar plasmado en la composición de la hoja ya que, muy a menudo, el Na se acumula en la raíz y en el tejido leñoso y no es traslocado a las hojas (BERNSTEIN 1965). En

tales casos, el Na impide la absorción de otros cationes y el análisis de la hoja puede indicar bajas concentraciones para esos elementos.

SMITH (1962) relata un caso en que el encalado de un suelo corrige una clorosis férrica en citrus que crecían en suelos ácidos. Es un caso aparentemente heterodoxo. El análisis foliar indicaba un bajo contenido en Fe y normalidad para otros elementos, incluido el Cu. Una concienzuda investigación puso de manifiesto que las raíces estaban dañadas por un exceso de Cu. Se procedió a realizar una elevación del pH mediante el apropiado encalado del suelo y desapareció la clorosis férrica. El cambio de pH probablemente inmovilizó el Cu, y aunque con toda probabilidad también se disminuyó la disponibilidad de Fe, ésta se mantuvo en niveles suficientes.

Un documentado estudio entre la relación disponibilidad de oligoelementos y pH del suelo es el ofrecido por SILLANPAA (1976).

2.5.2.10.- Prácticas culturales

Las prácticas de cultivo y el cuidado o manejo del suelo pueden tener un efecto significativo sobre la nutrición del vegetal y sobre el estado nutritivo de la hoja. BAKER (1941) comprobó que el nivel de K -- era mayor -- en hojas de manzano -- cuando se cubría el huerto con paja que cuando se hacía con hierba o cuando se mantenía limpio. PROEBSTING y -- BROWN (1954) y BOULD y JARRET (1962) estudiaron la influencia que tenía el cultivo a cubierto sobre la concentración foliar de cinco macroelementos. Se encontraron variaciones significativas que pueden ser imputables a la influencia que este hecho tiene sobre la humedad del suelo y por tanto, sobre la disponibilidad de nutrientes en el mismo.

MUNSON (1973) enumera una serie de factores, tales como fecha de sembrado, espaciado de hileras, población de plantas, labranza y forma de aplicación de los fertilizantes. Indica que se están obteniendo --

mejores cosechas en maíz y soja realizando una siembra temprana y disminuyendo el espaciado de las hileras. Una mayor densidad de planta -- puede causar aumentos de concentración de algunos elementos; ello puede ser debido a que existe un mayor sombreo sobre la superficie del -- suelo mejorando así la humedad del mismo y la disponibilidad de nutrientes. La labranza, sobre todo en regiones secas, favorecerá el contenido de aquellos elementos relacionados con la materia orgánica. Si un fertilizante no es bien distribuido no será adecuadamente utilizado por -- la planta y su acción no se verá reflejada en el estado nutritivo de -- la misma.

2.5.2.11.- Heridas, parásitos y enfermedades

BOYNTON y COMPTON (1945) indican la incidencia que algunos daños producidos en manzanos tienen sobre la concentración de K, Mg y N en las hojas.

KIRPATRIC y col. (1964) describen con detalle el efecto de los nematodos sobre la nutrición del manzano.

HUBER (1978) ha revisado la incidencia que tienen sobre la nutrición mineral de las plantas las enfermedades y parásitos abordándolo bajo un doble aspecto: Por un lado, estudia el efecto de la reducción de -- la disponibilidad de nutrientes, ya sea por su inmovilización en el suelo o porque se reduzca la absorción de los mismos (raíz deteriorada) o -- porque disminuye su translocación. De otro, una utilización deteriorada, en la que pueden influir alteraciones de permeabilidad celular y la for- mación de "sumideros" de nutrientes.

El daño sobre la nutrición puede estar originado, por tanto, de una forma directa mediante el aprovechamiento inmediato del elemento nutritivo por parte del parásito, o bien por mecanismos indirectos en los -- que el parásito provocaría una mala absorción, movilización o función -- del elemento. De esta manera, aunque las alteraciones se producen a ni--

vel celular, quedarán reflejadas en el conjunto de la planta, debido a una alteración en su crecimiento o en su producción.

2.5.2.12.- Productos fitosanitarios

El efecto de los pesticidas sobre la composición vegetal de las plantas es un tema que está poco estudiado y que, sin embargo, puede tener una fuerte incidencia sobre el "status nutritivo" de un cultivo. - Por constituir el objeto del presente trabajo se remite al lector al capítulo 3º de esta Introducción, donde se presenta una revisión de tal efecto.

2.5.2.13.- Intensidad y duración de la luz

Este factor actúa sobre la composición de los vegetales en función de su intensidad y de su espectro. Algunos trabajos acerca de la influencia de la intensidad y duración de la luz sobre la concentración mineral de los tejidos son los realizados por ZURBICKI (1961), SMITH -- (1962) y LANGE y col. (1959).

TRZCINSKI (1978) indica que cuando las hojas de manzano han sido sometidas a fuertes intensidades luminosas presentan pseudo-carencias férricas que se manifiestan por una palidez de las hojas y una disminución en el contenido de Fe.

Los trabajos de GAST (1937), en coníferas, demuestran que hay un decrecimiento en la concentración de N cuando se incrementa la intensidad de la radiación.

MACVICAR y STRUCKMEYER (1946) encontraron que las plantas de soja crecidas en tiestos, en condiciones de día largo, sobre un suelo deficiente en B, mostraron síntomas de deficiencia de B antes y con más gravedad que las sujetas a un fotoperiodo de día corto.

2.5.2.14.- Lixiviación

TUKEY (1970) realizó una amplia recopilación sobre los efectos que fenómenos tales como la lluvia, rocío o niebla, ejercen sobre la -- eliminación o extracción de determinadas sustancias a partir de las -- plantas, pasando revista a los diversos factores que influyen en el -- proceso.

Con objeto de interpretar los resultados del análisis foliar, -- es interesante poner de manifiesto los resultados obtenidos por TUKEY y col. (1958). Estos autores, mediante la utilización de radioisótopos, evidenciaron, trabajando sobre manzanos, que:

1) No todos los nutrientes minerales se lixivian con la misma -- facilidad. Parece ser que Mn, Ca, Mg y K lo pueden hacer en mayor cuantía.

2) Los elementos se lixivian más fácilmente desde las hojas maduras que desde las jóvenes. Esto fue comprobado para el K por WALLACE. (cit. TUKEY, 1970).

Por tanto, podría ser interesante valorar la precipitación previa al muestreo como un posible factor interpretativo para los datos -- que aporte el análisis de la hoja.

2.5.3.- Nutrición equilibrada

En las páginas que anteceden se han analizado y resumido un -- gran número de factores que, de una u otra forma, son capaces de modificar el contenido en elementos nutritivos de las plantas.

A la vista de todos ellos, aparece como muy simplista una interpretación de los datos analíticos basada en el concepto de "concentración crítica" o de "zona crítica". Aún considerando un gran número de -- factores, la "concentración crítica" es un criterio estático que pretende determinar un óptimo estado de nutrición sin contemplar la relación

o balance de todos los nutrientes; considera la función "elemento-rendimiento" fijando de antemano el contenido de todos los demás elementos nutritivos minerales.

Se deduce, por tanto, que el conocimiento de las "concentraciones" -aunque de hecho constituyen una herramienta útil de diagnóstico- no refleja la interrelación entre nutrientes inorgánicos. Por esta razón numerosos investigadores han descrito criterios interpretativos basados en la "nutrición equilibrada", lo que permite obtener una versión más completa del estado nutritivo de la planta en base a los mismos valores analíticos.

Sobre la base de la nutrición equilibrada se pueden relacionar con el crecimiento o rendimiento tanto la suma de aniones o de cationes como la razón entre los mismos, proporción aniónica, proporción catiónica, razones binarias, ternarias, múltiples y combinaciones entre estas expresiones y el rendimiento.

2.5.3.1.- Método de Lagatu y Maumé: Intensidad y calidad de nutrición

LAGATU y MAUME (1934), en vid, y THOMAS (1937), en patatas, desarrollaron un método para estudiar el estado nutritivo de un cultivo que comprende los conceptos de cantidad o intensidad de nutrición y "calidad" de los constituyentes minerales o razón de los elementos entre sí. El concepto de "cantidad de nutrición" viene dado por la suma de los porcentajes sobre materia seca de $N - K_2O - P_2O_5$. La "calidad" viene representada por la proporción $N:P_2O_5:K_2O$ expresando cada elemento como porcentaje de la suma de los tres en miliequivalentes (meq.). Esta última expresión recibe el nombre de unidad N P K y se expresa en meq porque la calidad ha de estar relacionada con las reacciones químicas que se producen en la hoja. La introducción de la proporción o factor calidad pone de manifiesto la consideración de que la concentración de un nutriente en la hoja no es independiente de la de los demás, sino que debe existir un --

equilibrio para el normal funcionamiento de las distintas actividades fisiológicas. Análogamente, la unidad K Ca Mg representa la proporción entre los contenidos K_2O : CaO : MgO .

THOMAS y MACK (1940) y THOMAS (1945) encontraron que los cationes influyen tanto sobre la unidad N P K como sobre la intensidad de la nutrición y que sobre estos índices también pueden poseer una marcada influencia los micronutrientes. Ello constituye un serio motivo para pensar en la necesidad de que los equilibrios entre nutrientes se amplíen a todos aquellos que son esenciales. Este hecho puede complicar seriamente el diagnóstico. Por ello, THOMAS (1947) expuso las razones por las que limitaba el proceso de diagnóstico foliar al establecimiento de las unidades N P K y K Ca Mg, indicando modificaciones para la consideración de otros elementos (DIOS VIDAL y ALBAREDA, 1954).

2.5.3.2.- Balance de elementos nutritivos de Shear y col.

Siguiendo el concepto de LAGATU y MAUME (1934), SHEAR y col. (1946; 1948) y SHEAR y CRANE (1947) enunciaron el concepto de "Balance de elementos nutritivos".

Estos autores sostienen que el crecimiento de la planta es una función de dos variables de la nutrición: intensidad y equilibrio, que son reflejadas en la composición de las hojas cuando las plantas están en etapas comparables de crecimiento o desarrollo. A cualquier nivel de intensidad nutritiva (concentración total equivalente de todos los elementos nutritivos funcionales de la hoja) puede existir una multiplicidad de proporciones entre estos elementos. El máximo crecimiento sólo se dará cuando coincidan el óptimo de intensidad y de equilibrio. SHEAR y col. (1953) señalan que la proporción de elementos puede ser la adecuada, pero no serlo la intensidad de los mismos; en este caso, dos tejidos que tengan un equilibrio adecuado, pero en el que uno de ellos no haya recibido la intensidad nutritiva adecuada puede llegar a mostrar

el mismo contenido mineral, que el que sí la recibió, aunque, probablemente, su crecimiento o cosecha será menor. Por tanto, la intensidad ha brá de ser evaluada tomando en cuenta el análisis de la hoja y la pro-- ducción total de la planta. Cualquier cambio crítico, bajo condiciones de equilibrio nutritivo óptimo, en la acumulación de uno o más elementos que no vaya acompañado por cambios apropiados de todos los elementos nu tritivos resultará ser una condición de desequilibrio dentro de la plan ta, el cual puede ser manifestado solamente por una disminución en el - crecimiento, o ser lo bastante severa como para que se produzca la apa- rición de síntomas visuales.

Estos autores han discutido ampliamente las interrelaciones exis tentes entre los cationes básicos: K, Ca y Mg. Indican que el K ejerce un mayor efecto inhibitor sobre la absorción de Ca y Mg que cualquiera de estos dos, sobre la absorción de aquél. El Mg realiza, normalmente, - un mayor efecto depresivo sobre la acumulación de Ca, que este sobre - aquél. Por otro lado, bajo determinadas condiciones, un aumento en el - suministro de un catión puede dar lugar a un incremento en la acumula-- ción no sólo de este catión, sino de algún otro. Ello ha sido descrito para tung por SHEAR y col. (1953) en cultivos de arena y por DROSDOFF y LAGASSE (1950) bajo condiciones de campo. El efecto que tiene la varia-- ción en el suministro de los cationes individuales sobre la acumulación total de los mismos también presenta amplias diferencias; cuando se in- crementa el suministro y la acumulación de K o Mg se obtiene una dismi- nución global en el contenido de los tres cationes; por el contrario, - si se produce un aumento de Ca se obtiene un incremento global del con- tenido de los tres cationes básicos. Este hecho fue explicado en base a la existencia de una correlación positiva entre los niveles de Ca y de ácidos en las hojas de tung (GILBERT y col., 1951). Se encontró que el incremento en los ácidos orgánicos estaba originado en gran medida por el ácido oxálico que inactivaba el Ca formando el oxalato correspondiente

te, inhibiendo, por tanto, el efecto competitivo con los otros cationes en la hoja.

El estudio de las interacciones de los tres cationes mayoritarios con el B y los metales pesados también fue ampliamente abordado. - Tanto el K, como el Ca y el Mg, ejercían interacciones significativas con el B, Al, Cu, Fe, Mn y Zn, pero de entre ellos destacaba la del K. Cuando aumentaba la concentración en hoja del K, decrecía la de los elementos citados. La relación era más estrecha al considerar los niveles de K con la concentración foliar total del B y los metales enunciados.

La importancia de mantener un adecuado equilibrio entre K y Zn fue puesta de manifiesto por SHEAR (1953). Un alto contenido en Zn ejercía una acción protectora contra los daños causados por el frío sólo -- cuando se daban conjuntamente altos contenidos en K.

2.5.3.3.- Balance catiónico-aniónico

BEAR y PRINCE (1945) observaron, en alfalfa, que la suma de cationes, expresada en meq/100 g de materia seca, era constante. CUNNINGHAM (1964a) recopila trabajos anteriores donde se pone de manifiesto unas veces la constancia y otras la falta de ella para dicha suma catiónica. - Los resultados expuestos por este autor ponen de manifiesto que la suma de cationes, obtenida de un gran número de muestras de ballico, tiene un amplio margen de variabilidad; no obstante, observó que la suma de cationes ($\Sigma (\text{Na-K-Ca-Mg})$) estaba correlacionada positivamente con la suma de aniones ($\Sigma (\text{N+P+Cl+S})$), expresada también en meq/160 g de materia seca y con el % de N. En ambos casos el tipo de relación estaba influenciado por la forma del N (N-NO_3^- ó N-NH_4^+) suministrado al cultivo.

GUMBS (1966) analizó las relaciones entre cationes y aniones -- en caña de azúcar bajo diferentes condiciones alimenticias. Sólo encontró una correlación positiva entre suma de aniones y de cationes cuando la humedad era adecuada. Encuentra también una correlación significati-

va entre los dos índices anteriores y el porcentaje de N, pero solamente bajo condiciones de humedad adecuadas. Indica que sólo se obtienen altas correlaciones entre análisis foliar (contenidas minerales) y rendimiento cuando las condiciones climáticas no actúan como factor limitante.

WALLACE y col. (1964), BEAR y WALLACE (1950) y BEAR (1950) indicaron que la proporción entre suma de cationes/suma de aniones se mantenía constante en alfalfa.

CUNNINGHAM (1964b) estudia los factores que afectan a esta proporción (R). Encuentra que el valor de R no es constante y que está correlacionando negativamente con el N, dependiendo de la forma (nitríca o amoniacal) en que se suministre éste. En el cálculo de R no incluye los elementos-traza porque considera que tienen una contribución muy pequeña. Considera que los valores de R, y su relación con el % de N, son suficientes para explicar interacciones iónicas y discute algunos casos.

Diversos autores como DEKOCK (1958; 1964), DEWIT y col. (1963), KIRKBY y DEKOCK (1965), PALMER y col. (1963) y KIRKBY y MENGEL (1967) han estudiado el concepto de balance nutritivo entre cationes y aniones y han incluido la participación de los ácidos orgánicos.

DIJKSHOORN (1962) realiza un interesante estudio sobre la regulación de la electroneutralidad en cuanto a la diferente absorción -por parte de la planta- catiónica-aniónica. Concluye que el balance compuesto de absorción y utilización de nutrientes viene determinado por la reciprocidad en cuanto a la absorción de aniones y cationes, la reducción de nitratos y sulfatos y la síntesis de ácidos orgánicos.

DEWIT y col. (1963) establecen que la diferencia entre los cationes (C) y los aniones inorgánicos (A) ha de ser constante y que la electroneutralidad se mantiene merced a los aniones de los ácidos orgánicos. Encontraron que esta diferencia permanece constante mientras que la planta no sea sometida a algún "stress" nutritivo. Consideraron que cualquier

tratamiento que fuese capaz de aumentar esta diferencia podía ser susceptible de mejorar la cosecha.

NOGGLE (1966) comprobó la hipótesis de DEWIT y col. sobre 16 -- cultivos crecidos en invernaderos y comprobó que, en efecto, los tratamientos que disminuían el contenido en aniones inorgánicos e incrementaban los orgánicos son los que producen las mayores cosechas.

Por medio de experiencias de invernadero y de campo se han evaluado los intervalos óptimos de contenidos en sales orgánicas para distintas plantas; por ejemplo, KOSTIC y col. (1967) ha sugerido 800 - 1000 meq/Kg de peso seco para gramíneas.

Una vez que este valor ha sido determinado para una cierta planta se pueden hacer recomendaciones para mejorar el balance iónico.

La diferencia C - A es un valor integrado por diversos factores según se ha visto anteriormente. A este respecto, son muy interesantes las apreciaciones realizadas por COIC (1971) quien analiza la influencia que posee el lugar de la planta donde se efectúe, preferentemente, la reducción del NO_3^- con vistas a realizar una interpretación correcta de los resultados analíticos. Este hecho es el que determina el contenido catiónico. (K, Ca, Mg) y en ácidos orgánicos de las hojas y explica las diferencias de comportamiento de las distintas especies en lo que se refiere al antagonismo catiónico.

Según este autor, cuando el ión NO_3^- migra hacia las partes aéreas de la planta, va asociado con los tres grandes cationes alcalinos, y la proporción transportada de cada uno de ellos depende esencialmente de la composición del medio nutritivo. Sin embargo, cuando los nitratos son metabolizados en la raíz hasta aminoácidos o hasta amidas, estos compuestos migran con una pequeña cantidad de cationes y entonces se realiza una selección entre los mismos, siendo únicamente el K el que migra de una forma privilegiada.

Cuando los nitratos son metabolizados en la hoja, la electroneutralidad se mantiene gracias a los ácidos orgánicos cuyas sales se acumulan en las vacuolas. Por tanto, el contenido en ácidos orgánicos de una hoja puede ser tomado como un índice de la amplitud del metabolismo del N, proceso fisiológico esencial. Cuando el metabolismo del NO_3^- se realiza en la raíz, la electroneutralidad se asegura mediante una mayor absorción de aniones. Se comprueba efectivamente una alcalinización de la solución nutritiva.

En las plantas que realizan un metabolismo radicular del NO_3^- se crea una barrera a la circulación del Ca y también, aunque en menor grado, a la del Mg, mientras que esto no sucede cuando la metabolización es aérea. Ello puede explicar que el antagonismo entre cationes y el efecto causado por suelos calcáreos sea más pronunciado en un tipo de plantas que en otro.

2.5.3.4.- Indices de balance de KENWORTHY

KENWORTHY (1967) sugirió la introducción de unos índices llamados de balance para facilitar la comprensión de la idea de balance nutritivo referido a los valores "standards" establecidos. Este índice se obtiene expresando el dato analítico correspondiente como un porcentaje -- del valor "standard" ajustado por un coeficiente de variación. El coeficiente de variación determina la variabilidad del contenido en un elemento originada por "causas normales" (tipo de suelo, edad del árbol. etc.) se obtiene como un valor medio a partir de los coeficientes determinados en distintos huertos y con diferentes condiciones ecológicas. El balance óptimo ideal arrojaría el índice 100 para cada uno de los elementos.

2.5.3.5.- Alimentación mineral equilibrada de HOMES

HOMES (1961) considera que, en realidad, no se puede estudiar aisladamente la acción de un solo elemento, pues el desarrollo del vege

tal depende simultánea e inseparablemente de las acciones de todos ellos en conjunto. Para él, la noción de factor limitante no es falsa, pero -- constituye un caso extremo. Se hace necesario, por tanto, la existencia de un buen equilibrio entre la intensidad de los distintos elementos pa ra que se manifieste un buen desarrollo en los vegetales.

Cada elemento nutritivo puede realizar tres tipos de acciones:

a) Acción química: consiste en el aprovechamiento e integración del elemento en las diversas estructuras y procesos metabólicos de la -- planta.

b) Acción física: expresada a través de variaciones de las propiedades físico-químicas celulares, por competencia iónica por los sitios activos, la cual está ligada a las proporciones relativas de los elementos esenciales en los medios de cultivo.

c) Acción de concentración: relaciona la concentración del elemento en el medio de cultivo con la encontrada en el jugo vacuolar.

El rendimiento global es una función de todos estos efectos y -- puede ser expresado por una función matemática llamada de Homés-Van- -- -Schoor.

Los objetivos iniciales de esta metodología son:

a) Establecimiento de la composición total de un régimen alimen ticio apto para provocar el máximo crecimiento en el vegetal estudiado.

b) Establecimiento de la composición de un abono mineral para - asegurar la producción máxima del vegetal.

La extensión al estudio de la relación planta - rendimiento sólo queda esbozada.

Para que se produzca un rendimiento máximo es necesario armonizar dos efectos:

a) La concentración total de macronutrientes, y

b) La interrelación óptima entre todos los nutrientes.

Cuando la concentración total del medio nutritivo se mantiene constante, pero se varían las proporciones relativas de sus constituyentes, se produce un efecto sobre el vegetal que se denomina interacción alimentaria. Las interacciones pueden ser binarias o de orden superior.

El efecto de una interacción simple o binaria se traduce por la variación del crecimiento o de la cosecha según una curva que pasa por cero cuando una u otra de las proporciones relativas es nula y por un máximo para las proporciones particulares que constituyen la condición fisiológica del óptimo de la interacción.

Si x es la proporción de uno de los elementos, $100 - x$ la del otro e y el incremento o rendimiento, la ecuación general para esta curva será:

$$y = \frac{x(100 - x)}{ax - b} \quad \text{con un máximo } x_m = \frac{b + b^2 + ab}{a}$$

Los valores x_m y $100 - x_m$, de ambos elementos, que corresponden al máximo rendimiento, definen el óptimo de la interacción.

Las interacciones de orden superior presentan su óptimo fisiológico cuando todas las interacciones simples independientes que las constituyen se encuentran asimismo en su óptimo fisiológico.

En general, para interacciones de orden n , hay $(n-1)$ interacciones binarias independientes. Por tanto, para el conjunto de los 6 macronutrientes, por ejemplo, se establecen 15 combinaciones posibles, dentro de las cuales hay 5 independientes, pudiéndose deducir el valor de las restantes a partir de éstas.

2.5.3.6.- Coordenadas nutritivas. Aplicación al cálculo de los equilibrios fisiológicos.

RECALDE y ESTEBAN (1966), siguiendo los conceptos establecidos por la escuela de Montpellier, distinguen en la relación "nutriente-producción" los factores cantidad y proporción. Estos factores determinan dos tipos de deficiencias:

a) "Deficiencia absoluta", caracterizada por el contenido del nutriente en la hoja.

b) "Deficiencia relativa", que depende de la proporción entre los nutrientes.

Los procesos de interacción iónica y la influencia del medio ambiente y la variedad sobre la concentración de elementos nutritivos es lo que decide a estos investigadores a trabajar con el concepto de proporción.

RECALDE (1964) indica que la manera más simple de describir la "calidad" de la nutrición es por medio de la proporción entre parejas de elementos. Adopta los criterios de HOMES (1961) y adapta a su caso la relación causal encontrada por este investigador entre el medio externo -- (solución hidropónica) y el medio interno (concentración de nutrientes en plantas). Es así como admite que la proporción binaria productora de la máxima cosecha es una constante nutritiva para cada cultivo.

La proporción múltiple que caracteriza el equilibrio nutritivo productor de la máxima cosecha se calcula a partir de las proporciones binarias óptimas.

RECALDE (1964) considera que este equilibrio o proporción múltiple está establecido genotípicamente y es, por tanto, común a todas las plantas de la misma especie. Su conocimiento debe permitir:

a) Diagnosticar cualquier deficiencia con independencia de variedad y efectos ambientales.

b) Controlar cualquier tipo de medida que se tome con objeto correctivo.

c) Conocer el estado nutritivo del suelo, lo que permitirá su calificación agrícola.

Los equilibrios nutritivos ternarios, $N:10P : K$ y $K : Ca : Mg$, han sido ampliamente estudiados en olivo por las escuelas de Granada y - Sevilla. Es así como RECALDE y ESTEBAN (1966), GONZALEZ y col. (1967, -- 1968, 1970a, b), MAZUELOS y col. (1979) establecen proporciones ternarias muy semejantes. Estos últimos autores han estudiado la evolución de los equilibrios fisiológicos $N: 10P:K$ y $K:Ca:Mg$ con el tiempo y establecen - que pueden ser considerados constantes y definir, por tanto, el estado - nutritivo de la planta en cualquier época del año.

ESTEBAN (1975) ha encontrado que el equilibrio $N:10P:K$ parece -- ser común en árboles frutales y responde a la proporción (50:30:20).

CHAVES y col. (1968) han encontrado en Eucaliptos unos equili-- brios muy similares a los valores enumerados. Igual se puede decir de -- los equilibrios obtenidos por ESTEBAN y col. (1980) en remolacha azucarera y SORIANO y col. (1982) en almendro.

El equilibrio $K:Ca:Mg$ parece tener una variabilidad mayor. Sería interesante comprobar en él las apreciaciones de COIC (1971) respecto a la influencia que posee el lugar donde se realice la reducción de NO_3 -- con respecto al contenido catiónico.

2.5.3.7.- Balance nutriente evolutivo

CARPENA y col. (1982) han publicado un trabajo en el que se resume este concepto con el que comenzó a trabajar en la década de los años 60, como así lo indican publicaciones anteriores (CARPENA, 1965); ALCARAZ, - 1967, y CARPENA, ALCARAZ y LEON, 1968).

En esencia, esta forma de interpretar la relación cosecha-nutrición, radica en que los conceptos de "nivel crítico" y "zona crítica" no

definen siempre correctamente el status nutritivo de un cultivo. Para ello, se hace necesario determinar los niveles foliares de todos los elementos esenciales a lo largo de un ciclo completo. Se establece así un "modelo foliar", de cada especie e incluso variedad, para unas condiciones ecológicas correctas. De esta forma son tenidas en cuenta:

- a) Variabilidad de los contenidos foliares.
- b) Influencias de cada elemento
- c) Influencia de la variedad
- d) Interacciones nutritivas.

La situación nutritiva estará tanto mejor reflejada cuanto más numerosa sea la población de plantas sanas analizadas y mayor, también, el número de ciclos procesados. Las interrelaciones entre los parámetros nutritivos y ambientales se realiza en la actualidad mediante un sistema computarizado con el fin de poder establecer las condiciones para el desarrollo óptimo del cultivo.

Mediante este método interpretativo se obtiene un camino para conocer con mayor precisión la función de cada nutriente en particular y su participación específica en el metabolismo. Se conocen también las necesidades nutritivas en cada momento y, en consecuencia, se puede realizar una política de fertilización adecuada.

2.5.4.- Otras interpretaciones

2.5.4.1.- El método DRIS para diagnósticos nutritivos

El Sistema Integrado de Recomendación y Diagnóstico (DRIS) ha sido desarrollado por BEAUFILS (1971, 1973). Su nacimiento es debido a la necesidad de poseer una herramienta de trabajo fina y eficaz para predecir cualquier tipo de tratamiento requerido por un cultivo. Esta metodología trata de obviar los inconvenientes inherentes a las interpretacio-

nes basadas en los conceptos de "concentración crítica" y/o "zona crítica", fundamentalmente en lo que se refiere a la variación del contenido nutritivo con la edad, lo que requiere que en este tipo de diagnóstico - la composición de la planta sea comparada en una etapa particular del -- crecimiento. Este hecho produce serias restricciones en el método de la concentración crítica como una herramienta flexible de diagnóstico y, - aunque se han establecido límites de suficiencia que aparentemente mejo ran la flexibilidad en el diagnóstico, éstos en realidad disminuyen su precisión porque a menudo los límites son demasiado amplios.

El método de diagnóstico DRIS elimina los inconvenientes imputados al método del valor o zona crítica. Este método posee la ventaja de que estudia la interrelación entre planta, suelo y factores ambientales, así como su relación con la cosecha, independientemente de si se conoce o no el que cualquier factor de éstos tenga influencia sobre la cosecha. Esto es esencial porque cualquiera de estos factores determinantes del -- rendimiento puede ser limitado en un determinado caso o momento; por tanto, para obtener una visión tan completa como sea posible, todos los factores deben de ser estudiados para poder realizar diagnósticos más ciertos.

El sistema DRIS caracteriza los factores determinantes del rendimi ento, anteriormente enunciados, en forma de índices, que son obtenidos como funciones de la cosecha. Estos índices no sólo permiten clasificar - los factores que determinan el rendimiento en orden a su importancia como factores limitantes, sino que también ofrecen una indicación de la intensidad con la que la planta o el suelo requieren un nutriente dado. Debido a que estos índices ordenan los factores que influyen sobre el rendimiento con respecto a su importancia como factores limitantes, incorporan automáticamente el concepto de equilibrio en el sistema. Cuanto más negativo sea un índice tanto mayor será la necesidad relativa del factor o nutri ente que representa. La suma total del valor de los índices es siempre igual a cero ya que miden las desviaciones relativas, desde la óptima, --

para los nutrientes que están siendo estudiados.

Los índices para las condiciones climáticas del suelo y las prácticas culturales indican lo que es ofrecido a una planta en particular en un momento determinado. Estos índices se calibran en función de la naturaleza y cantidad de un tratamiento específico requerido.

La aplicación de este sistema de diagnóstico ha mostrado que los efectos de la edad del tejido muestreado pueden ser minimizado. Esto, junto con el hecho de que el método DRIS establece el orden relativo en el que existe demanda de nutrientes y que toma en consideración el balance nutritivo, constituye su mayor ventaja.

La metodología de este procedimiento y sus diversas aplicaciones -- pueden ser consultadas en los trabajos de: BEAUFILS y SUMMER (1976, 1977), SUMMER (1977a, b,c) SUMMER y BEAUFILS (1975), BEAUFILS (1976) y SUMMER -- (1979).

2.5.4.2.- El método de CLEMENTS

Este método fue recomendado -fundamentalmente- por CLEMENTS (1964) y CLEMENTS y col. (1968) para la determinación de las necesidades de abonado de la caña de azúcar y de otras plantas.

Este sistema no se limita a medir sólo los índices nutritivos y la relación existente entre nutrientes, sino que además evalúa factores ambientales tales como: Humedad en planta y suelo, crecimiento, cambio de temperatura, luz solar, etc. Consideró sumamente importantes los dos índices siguientes:

- a) El nivel de humedad del tejido analizado
- b) Contenido en hidratos de carbono de ese mismo tejido.

CLEMENTS (1951) dedujo que la humedad de la vaina de la caña de azúcar regulaba el crecimiento y los niveles de nutrientes que las plantas mantenían.

La aplicación de esta metodología, considerando diversos aspectos fisiológicos y ecológicos, ha permitido obtener mayores rendimientos y mejor calidad en la caña de azúcar. No está completamente determinado si esta metodología es aplicable sin un ajuste posterior a las plantas arbóreas.

2.5.4.3.- Pruebas funcionales

El análisis foliar, según hemos visto, nos puede indicar la calidad y cantidad de nutrientes, pero no dice nada acerca de la eficiencia metabólica de un determinado elemento; en otras palabras, nos indica la presencia en el tejido analizado de un determinado contenido, pero no nos asegura que ese contenido ejerza plenamente su cometido.

Se conoce, desde hace bastantes años, que plantas con clorosis férrica arrojaban concentraciones foliares de Fe similares a las sanas - (BROWN, 1953). Diversos trabajos han demostrado que hay una serie de elementos que pueden permanecer en las hojas bajo un signo de inactividad fisiológica. Por ejemplo: Ca (SHEAR y FAUST: 1971), Fe (BAR-AKIVA, 1964), Mn (BAR-AKIVA, 1964) y Zn (BAR-AKIVA y LAVON, 1969).

Se hace, por tanto, necesario a veces disponer de pruebas que puedan discernir estos hechos, que el análisis foliar tradicional no es capaz de resolver. Es así como nacen los métodos de naturaleza bioquímica fundamentados en la verificación experimental de que una deficiencia no sólo afecta al crecimiento de la planta sino también a la estructura celular (VESK y col., 1966), a la composición de los tejidos (DEKOCK y MORRISON, 1958a, b), y al metabolismo subyacente de los procesos fisiológicos (BOTTRIL y col, 1970). LOBO (1963) expresó y revisó el hecho de que la carencia de un determinado elemento fuese reflejada en la actividad de uno o varios enzimas.

La Tabla IV es la dada por LEECE (1976a), pero aumentada con algunos trabajos más. Son ensayos potenciales para evaluar el estado nutritivo de las plantas.

TABLA IV

Ensayos bioquímicos para verificar la actividad metabólica de algunos bioelementos.

<u>Elemento</u>	<u>Prueba</u>	<u>Referencia</u>
Nitrógeno	Nitrato reductasa	BAR-AKIVA SHAKED y SAGIN (1967)
	Amino-ácidos	KLIEWER y COOK (1971) TAYLOR (1971)
Fósforo	Fosfatasa	REID y BIELESKI (1970) BIELESKI y JOHNSON (1972)
	Arginina	ACHITUV y BAR-AKIVA (1973)
Potasio	Putrescina y otras aminas	MURTY, SMITH y BOULD (1971) BASSO y SMITH (1974)
	Piruvato Kinasa	WILSON (1971)
	Triptofanasa	
	Aceto-tioquinasa	
Magnesio	Aminas	BASSO y SMITH (1974)
	Catalasa	DIAS y col (1971)
	Fenoloxidasa	
Hierro	Peroxidasa	BAR-AKIVA y col. (1967)
	Catalasa	BAR-AKIVA y col (1971)
	Fenoloxidasa	DIAS y col (1971) DUNGARWALL y col. (1974)
Cobre	Polifenoloxidasa	DE WITT (1953) KOVALENKO (1969)
	Oxidasa ácido ascórbico	BAR-AKIVA y col. (1970)
Manganeso	Peroxidasa	BAR-AKIVA y col. (1967)
	Fenilalanina amonio-liasa	ENGELSMA (1972)
Zinc	Anhidrasa carbónica	WOOD y SIBLY (1952) BAR-AKIVA y LAVON (1969)
		BAR-AKIVA y col. (1971) RANDALL y BEUMA (1973) DWIVEDI y RANDHAWA (1974)
	Aldolasa	O'SULLIVAN (1970) BAR-AKIVA y col. (1971)
	Ribonucleasa	DWIVEDI y TAKKAR (1974)
	Nitrato reductasa	RANDALL (1969)
Molibdeno	Fenoloxidasa	DIAS y col. (1971)
Boro		

3.- PLAGUICIDAS Y PLANTAS

3.1.- Consideraciones generales

3.1.1.- Plaguicidas: Concepto, denominaciones y configuración

El diccionario enciclopédico abreviado Espasa-Calpe conceptúa de la siguiente manera el término plaguicida: "Dícese del agente que combate las plagas del campo". Etimológicamente proviene de la palabra latina "plaga" y del sufijo "-cida", del latín "caedere", matar.

Este mismo diccionario, en unas de sus acepciones figuradas para la palabra "plaga", indica: "Azote que aflige a la agricultura, como la langosta, la filoxera, etc."

De aquí se podría deducir que la palabra plaguicida sólo servirá para denominar genéricamente aquellas sustancias destinadas a evitar o reducir la acción de aquellos seres animales que resulten dañinos para las plantas cultivadas.

Sin embargo, sabido es que existen otros agentes bióticos capaces de producir daño en las plantas cultivada y que son, fundamentalmente: -- plantas (hongos, líquenes), bacterias y virus y que los productos -



destinados a combatirlos se engloban también en una más amplia acepción del vocablo plaguicida.

En un sentido más amplio PRIMO YUFERA y col. (1976) indican que "Son plaguicidas aquellas sustancias que sirven para combatir los parásitos de los cultivos, del ganado, de los animales domésticos y del hombre y su ambiente". Definición ésta que, en nuestro caso, obliga a calificar - el término plaguicida con el adjetivo agrícola.

Es necesario hacer constar que, en el lenguaje coloquial, en -- obras especializadas, y también, por extensión, en el lenguaje de la calle, se emplea con gran asiduidad el anglicismo "pesticida" como sinónimo al de plaguicida.

Esta denominación comúnmente aceptada, junto a otros sinónimos - como: producto fitosanitario, producto fitofarmacéutico y, en ocasiones, producto xenobiótico, aparecen a lo largo de las páginas de esta memoria y, fundamentalmente, en las que constituyen este capítulo.

Cuando se realiza el tratamiento de un vegetal con un producto - plaguicida servido por una casa comercial, no estamos aplicando exclusivamente aquella o aquellas sustancias que se consideran van a desarrollar su acción letal o de protección contra los organismos infestantes. Los - plaguicidas, una vez comercializados, suelen contener un soporte inerte en el que se diluye el principio activo y una serie de sustancias auxiliares, llamadas genéricamente coadyuvantes, cuya misión, como su propio nombre indica, consiste en mejorar la acción de aquel.

Siguiendo la sistemática de MARTINEZ CANO - MANUEL y col. (1978) vamos a definir algunas denominaciones referentes a la configuración del pesticida. Ello puede servir como proceso clarificador y también para entender por qué productos idénticos, con formulaciones distintas, pueden no ser estrictamente análogos, en cuanto a resultados obtenidos, especialmente, cuando nos referimos a la influencia que los coadyuvantes pueden -

ejercer sobre la cobertura, adherencia, persistencia, absorción y translocación del pesticida en la planta.

Estas definiciones son las siguientes:

- Principio activo: Es la estructura química capaz de realizar la acción plaguicida.
- Materia activa: Es la sustancia que se utiliza con fines fitosanitarios. Puede ser idéntica al principio activo o contener a éste en forma de mezcla o de sustancia química más compleja.
- Producto técnico: Es el producto obtenido en el proceso de síntesis industrial. Contiene, además de la materia activa, una serie de impurezas propias del sistema de fabricación, las cuales pueden llegar a constituir entre un 2 y un 25% del peso del producto (PRIMO YUFERA y col. - 1976).
- Coadyuvante: Cualquier sustancia cuya finalidad sea mejorar la acción del producto técnico, ya sea favoreciendo su adherencia, persistencia, absorción, etc.
- Formulación del plaguicida: Consiste en la adecuación del producto técnico para su utilización agrícola. Se consigue mediante un preparado que contiene, generalmente, el producto técnico, convenientemente diluido en una sustancia que hace de soporte inerte -sólido o líquido- y los productos coadyuvantes necesarios según la forma técnica de aplicación del plaguicida.
- Producto comercial: Es el plaguicida ultimado y listo para realizar el tratamiento pertinente fitosanitario. Se aplica directamente o previa dilución con una sustancia adecuada.

3.1.2.- Notas sucintas sobre la utilización de productos fitosanitarios

Los pesticidas se utilizan en agricultura con tres propósitos fundamentales: Para aumentar la cosecha de un cultivo (disminuyendo las pér-

didas del mismo ocasionadas por plagas, enfermedades y malas hierbas); - para aumentar la calidad del mismo, y como ahorro de costos en mano de obra merced a la utilización de herbicidas (NEWMAN, 1978).

Es bastante común la creencia de que los plaguicidas fueron introducidos en la agricultura a comienzos del pasado siglo (PRIMO YUFERA y col. 1976; BARBERA, 1976). Sin embargo, tal y como indican SMITH y SECOY (1975), incluso en la literatura de la antigüedad greco-romana aparecen frecuentes referencias de sustancias químicas y productos naturales que fueron usados para controlar enfermedades de plantas e incluso para eliminar otras plantas.

SMITH y SECOY (1976, 1977) han realizado un compendio de las sustancias -inorgánicas y orgánicas- que, con fines fitoterapéuticos, se utilizaban en Europa antes de 1850.

Sin embargo, como indica BLAS (1951), a principios del presente siglo toda la terapéutica vegetal gravitaba solamente alrededor de cuatro cuerpos: azufre, cobre, arsénico y tabaco (nicotina). Es a partir de 1922 cuando se produce un impulso con la introducción en Holanda del uso de los aceites insecticidas (PRIMO YUFERA y col. 1976).

El descubrimiento de las propiedades insecticidas del DDT, realizado por MULLER en 1940, abre el camino hacia el asombroso desarrollo que, a partir de entonces, han ido tomando los plaguicidas de síntesis.

Algunos trabajos interesantes que describen aspectos históricos tales como aparición, utilización, características, etc. de diversos tipos de plaguicidas, son los debidos a HORSFALL (1956), SPENCER (1977), BRIAN (1976), WAIN y CARTER (1977), SPENCER (1976) y SCHRADER (1963).

En la Tabla V se recoge el consumo de productos fitosanitarios en España desde 1970 a 1980. Las cantidades representan millones de pesetas. La fuente es el anuario estadístico del Ministerio de Agricultura.

TABLA V

<u>Año</u>	<u>Insecticidas Acaricidas Fumigantes</u>	<u>Fungicidas</u>	<u>Herbicidas</u>	<u>Varios</u>	<u>Total</u>
(millones de pesetas)					
1970	2.048	1.069	346	179	3.642
1971	2.451	1.094	404	202	4.151
1972	2.689	1.294	571	154	4.708
1973	2.802	1.754	877	181	5.614
1974	3.005	1.795	1.080	215	6.095
1975	3.180	1.850	1.380	250	6.660
1976	3.770	1.850	1.560	285	7.465
1977	4.295	2.375	2.190	365	9.225
1978	5.185	2.150	3.625	850	11.810
1979	6.130	3.280	3.950	1.175	14.535
1980	7.995	3.970	4.895	1.555	18.450

3.2.- Algunos factores relacionados con la aplicación, persistencia, - absorción, transporte y metabolización de los plaguicidas agrícolas.

3.2.1.- Consideraciones previas

Los pesticidas agrícolas se suelen aplicar directamente sobre las plantas o bien sobre el suelo en que éstas viven. En el primer caso, lo más usual es aplicarlas sobre el follaje de las mismas, pero también se puede hacer sobre el tronco y las ramas desnudas (por ejemplo: tratamiento de invierno en frutales de hoja caduca).

Además, existen otras posibilidades, tales como el tratamiento de semillas, frutos, etc.

En las páginas que siguen se van a considerar algunos factores - que pueden condicionar de forma importante la acción última que el xenobiótico pueda ejercer en el metabolismo de la planta, estudiado mediante la evaluación de la posible alteración nutritiva mineral ocasionada en la misma cuando el plaguicida es aplicado directamente sobre la planta, tema que, como ya ha quedado puesto de manifiesto, constituye el objetivo de este trabajo.

La aplicación de tratamientos pesticidas en las partes aéreas de las plantas puede dar lugar -después de una eliminación parcial por escorrído o goteo- a la formación de depósitos iniciales o a una relativa -- inmediata absorción-

El producto plaguicida, según sus características físico-químicas y técnicas -o sea, de formulación- tendrá como misión fundamental ejercer su acción únicamente en aquellas partes de la planta que hubiesen resultado impregnadas a consecuencia del tratamiento, o, además de esto, en cualquier otra parte del vegetal aunque el producto no haya contactado directamente con ella. Todo plaguicida que cumpla esta última condición se denomina sistémico y para ello ha de penetrar al interior de la planta, ser

transportado dentro de la misma y presentar una cierta resistencia a -- ser metabolizado, lo que le conferirá una acción prolongada en el tiempo. Cuando el producto fitosanitario no posee el carácter de sistémico puede quedar en forma de depósitos superficiales o bien penetrar una -- cierta profundidad en el interior de la planta, pero sin llegar a trasladarse ni almacenarse en otros órganos -al menos en forma efectiva- y entonces se denomina, de forma genérica, pesticida de contacto (HASSAL, 1969).

En realidad, no hay, una separación absolutamente radical en es tos comportamientos, y no es aventurado indicar que siempre se producirá alguna penetración por pequeña que ésta sea.

Cuando el pesticida de contacto forma depósitos que permanecen sobre la superficie tratada durante considerables periodos de tiempo, - recibe el nombre de "persistente" o "protectivo" (HASSAL, 1969). Estas sustancias pueden ejercer su acción, no solamente en el momento de su - aplicación, sino que, debido a su persistencia, son capaces de actuar - sobre organismos que no estén presentes en el momento de su aplicación.

Algunos pesticidas, sin llegar a tener el carácter de sistémi--cos, son solubles en lípidos y por ello fácilmente absorbidos por la su perficie foliar. A veces se denominan "cuasi-sistémicos", y entre ellos se consideran determinados insecticidas organofosforados (HASSAL, 1969).

Tal y como hemos indicado, en los epígrafes que siguen, se irá pasando revista de forma unitaria, a los factores que pueden influir en el binomio planta-pesticida, tanto si este último tuviese el carácter - de pesticida de contacto, como si lo tiene de pesticida sistémico, particularizando solamente aquellos aspectos que así lo requieran.

3.2.2.- Influencia de la morfología de la planta sobre la retención de - la sustancia pulverizada

El primer aspecto a considerar es, sin duda alguna, si todas --

las plantas, sea cual sea su parte morfológica, son capaces de retener la misma cantidad de sustancia pulverizada cuando ésta se aplica en condiciones homólogas. La respuesta puede encontrarse incluso en la lógica del sentido común: las características externas de la planta deben condicionar el fenómeno.

Factores tales como: nivel de desarrollo de la planta, superficie y características foliares, orientación en las hojas en relación a la pulverización, estructuras especializadas, etc., juegan un importante papel en relación con la retención y, por tanto, también frente a la absorción del producto fitosanitario aplicado (BLACKMAN y col., 1958).

DAVIES y col. (1967) encontraron que el ángulo formado entre la hoja y la dirección en la que incidía la solución pulverizada estaban relacionados; la máxima retención se producía cuando el valor del ángulo estaba comprendido entre 50° y 90° C.

Las estructuras especializadas de las hojas, tales como apéndices o tricomas, estomas, etc., pueden influenciar la retención de las sustancias aplicadas según evidenciaron los trabajos de CHALLEN (1962), FURMIDGE (1962a) y SARGENT (1966), entre otros.

El grado de cobertura del vegetal tratado está determinado por las características de la solución empleada y por la composición y textura de la superficie foliar, fundamentalmente por su porosidad y estructura fina (FURMIDGE, 1962a, b).

La morfología de la planta puede dar algunas indicaciones en cuanto a la técnica o al equipo pulverizador más adecuado. CHILDERS (1982) trata algunos matices relacionados con equipos y técnicas en lo que a árboles frutales se refiere. Si bien, este mismo autor indica que no existe un método particular de aplicación ni ningún equipo que asegure una total efectividad, ya que un procedimiento y equipo apropiado para un --conjunto de condiciones puede resultar totalmente insatisfactorio para --otras circunstancias.

3.2.3.- Factores que afectan la deposición y persistencia foliar de los pesticidas.

Refiriéndose a los pesticidas de contacto, HASSAL (1969) indica que para obtener el máximo provecho fitosanitario de los mismos, se requieren las siguientes condiciones: gran uniformidad de cobertura, fuerte adherencia entre las partículas activas -una vez separado el disolvente- y la superficie foliar para evitar la acción de arrastre del viento y de la lluvia, poseer un determinado grado de resistencia a la hidrólisis, a la oxidación por la intemperie y a la acción de determinados enzimas.

Por razones de economía, disponibilidad y de carencia de fitotoxicidad, el agua es el líquido que se utiliza como vehículo del pesticida. Sin embargo, posee una serie de inconvenientes, tales como:

- a) Poca afinidad por las ceras y superficies grasas
- b) Muchos pesticidas son insolubles o poco solubles en ella
- c) Posee una elevada tensión superficial

Por ello, las preparaciones foliares de pesticidas, además del vehículo y de la sustancia activa, llevan una serie de coadyuvantes, tales como tensioactivos adherentes, humectantes, dispersantes, etc.

De lo anterior se deduce que la formulación de un pesticida es - un factor de suma importancia con vistas a la efectividad del mismo, y - una mala formulación, puede ser causa de inoperancia de un determinado tratamiento. BECKMAN (1978) ha estudiado la relación existente entre las formulaciones de fungicidas y su actividad biológica. Aspectos técnicos de los formulados y su relación con las propiedades físico-químicas son consideradas por PRIMO YUFERA y col. (1976).

La retención foliar de las soluciones pulverizadas está relacionada con el tamaño de la partícula aplicada.

Distintos investigadores han demostrado que la actividad biológica de una determinada pulverización puede ser alterada por el simple hecho de cambiar el tamaño de la gota, siendo éste particularmente notorio en ciertas especies vegetales (HULL, 1970).

El grado de cobertura de un vegetal está influenciado por la técnica que se haya utilizado para aplicar el pesticida, y ésta determina, a su vez, el tamaño de partícula. JHONSTONE (1973) ha realizado un amplio estudio teórico en el que aborda los factores que influyen sobre la difusión y retención foliar de los pesticidas aplicados en agricultura mediante las técnicas de bajo, medio y alto volumen. Ciertos aspectos relacionados con la técnica de bajo volumen también son tratados por CHILDERS (1982) y por MATTEWS (1979).

La misión de los tensioactivos consiste en favorecer la extensión de las gotas sobre las hojas, la permanencia de las mismas y su posterior absorción. Esto se consigue disminuyendo el ángulo de contacto entre la gota y la hoja y elevando, por tanto, la energía de incidencia necesaria para que la gota rebote.

BRUNSKILL (1956) estudió la relación existente entre la tensión superficial de la solución pulverizada y el tamaño de la gota respecto a la retención de la misma. En general, una reducción en la tensión superficial de la solución aplicada, origina un incremento de la retención foliar. FORD y FURMIDGE (1967a, b) analizaron los factores implicados en el proceso de impactación de las gotitas y en los pasos subsiguientes de extensión de las mismas y posterior retracción. La difusión o extensión que se produce inmediatamente después del impacto está relacionada con el ángulo de contacto y con la tensión superficial; la retracción subsiguiente depende de la mayor o menor extensión inicial y de la histéresis del ángulo de contacto. El uso de emulsiones para reducir las pérdidas foliares por escurrimiento, así como el grado de viscosidad de las mismas, también ha sido estudiado por los autores citados.

El ángulo de contacto no solamente varía de unas especies vegetales a otras (FURMIDGE, 1962a), sino que también lo hace con la edad - de las mismas y con las condiciones ambientales (LINSKENS, 1952).

La capacidad de adhesión de las gotitas pulverizadas ha sido tratada -entre otros autores, algunos ya citados- por BURCHFIELD (1960), vieniendo determinada también por el ángulo de contacto, el cual, a su vez, depende en líneas generales- de la naturaleza y tipos de coadyuvantes -- utilizados así como de las características de la superficie foliar sobre la que se aplica (NEELY, 1971).

Es interesante señalar que si las sustancias coadyuvantes son de naturaleza iónica, se puede ver alterada su efectividad. En este sentido, SWALES y WILLIAMS (1956) comprobaron que las formulaciones con agentes - de superficie no iónicos poseían una efectividad superior.

Cuando se utilizan pesticidas que forman depósitos superficiales es sumamente importante, además de considerar la cantidad de producto retenida, comprobar la distribución del mismo. BURCHFIELD y MONEW (1950) - establecieron que el control de la enfermedad era proporcional al número de partículas por unidad de superficie. Ellos establecieron que, dentro de unos límites, un elevado número de pequeñas partículas es más efectivo que un menor número de partículas de mayor tamaño.

La persistencia depende de la fortaleza con que el pesticida se pegue a la superficie de la planta, es decir, de su tenacidad. La tenacidad aumenta con la disminución del tamaño de la partícula MANNERS (1982). Una elevada solubilidad en agua provocará una rápida eliminación por la lluvia.

MARTENS y col. (1970) estudiando la tenacidad de los depósitos - extracuticulares de diversos fungicidas llegaron a la conclusión de que el tipo de formulación es más limitante que la naturaleza del producto.

La persistencia de un producto está también estrechamente ligado

a la volatilidad del mismo. SPENCER y CLIATH (1975) indican que, incluso en aquellos pesticidas denominados no volátiles, como es el caso de los insecticidas organoclorados se ha establecido recientemente que llega a darse una apreciable vaporización. Es sabido que la volatilidad de una sustancia está directamente relacionado con su presión de vapor, pero sobre ésta pueden actuar factores como la adsorción, la solubilización o la penetración en el interior de la superficie de la planta; sin embargo, son escasísimos los datos que relacionan la presión de vapor de un pesticida con su adsorción o penetración foliar.

GUNTER (1969) y JEPPSON y GUNTER (1970) comprobaron que la adsorción y penetración en el interior de las hojas y los frutos retarda la vaporización, pero que los depósitos iniciales del producto lo hacen a un nivel que está estrechamente relacionado con la sustancia pura.

TAYLOR y col. (1977) estudiaron la volatilización de los insecticidas "Dieldrin y heptacloro" a lo largo de los 55 días posteriores a la aplicación y encontraron que las pérdidas más notables se producían en la primera semana.

TAYLOR (1978) sugiere dos hipótesis para explicar esta disminución de volatilización después de los 7 días siguientes a la aplicación: Una de ellas, se refiere al inconveniente que presentan determinadas irregularidades de la superficie foliar; la otra, a la existencia de una fracción adsorbida, que fué evidenciada por CARO (1971).

FREDD y MONTGOMERY (1958) comprobaron que algunos compuestos pueden continuar entrando en la planta después de que la gotita pulverizada se haya secado.

Los humectantes, aunque se formulan en bajas concentraciones, son capaces de provocar condiciones de elevada humedad en los depósitos superficiales. La absorción es menos eficiente cuando la sustancia activa cristaliza o precipita sobre la superficie foliar. Los agentes tensio

activos no solamente facilitan la entrada de otras sustancias, sino que ellas mismas penetran en la planta a niveles comparables a los del ingrediente activo (PRICE, 1977). Las regiones próximas a los estomas son las que representan menor densidad de depósitos superficiales, lo que sugiere que son las zonas de mayor penetrabilidad.

CASANOVA (1971) indica que una parte del pesticida -después de - su aplicación- constiuye el residuo externo, permaneciendo en la superficie de la cutícula y que será descompuesto principalmente bajo la influencia de los agentes atmosféricos. Otra parte penetrará en la cutícula y en la capa epidérmica, e incluso, a veces, podrá ser transportada. Las cantidades de residuos, tanto intracuticulares como extracuticulares, varían mucho según las especies y el tiempo.

Para terminar este apartado, que no pretende tener el carácter - de recopilación bibliográfica exhaustiva, citaremos algunos trabajos que dan una óptica global de todos o de algunos de los factores implicados. DORMAL (1960) realiza un amplio tratamiento en cuanto a la formación de depósitos de pesticidas en cuanto se refiere a las superficies de las -- plantas. VIEL (1960) hace lo propio con los factores que contribuirán a la eliminación del depósito de pesticidas, es decir, estudia su evolu--- ción. EDWARDS (1975) revisa, asimismo, los factores que afectan a su per-- sistencia, y MAAS (1979) estudia la influencia que la formulación del -- producto ejerce sobre su posterior comportamiento.

MATTHEWS (1979) ha publicado un amplio tratado técnico acerca de los distintos factores que, de una u otra manera, están relacionados con la aplicación de plaguicidas.

3.2.4.- Penetración foliar de pesticidas

El término penetración es utilizado, en un sentido estricto, para indicar únicamente el movimiento de una sustancia desde el exterior - hacia el medio interno de la planta, independientemente de otros sucesos

posteriores tales como translocación, metabolismo, etc.

Varios aspectos de la absorción foliar de pesticidas ha sido revisado, entre otros autores, por EBELING (1963), LINSKENS y col. (1965), MARTIN (1966), FRANKE (1967a), DAY y col. (1968), HULL (1970), BUKOVAC (1976), HILL (1976), NORRIS (1967), TISSUT (1979), MORRISON y COHEN (1980) y EDGINGTON (1981), PRICE (1977) KIRWOOD (1977), SCHONHERR (1979) y PRICE (1979).

3.2.4.1.- Penetración cuticular

3.2.4.1.1.- Características estructurales de la cutícula y su relación con la absorción

Todas las partes de las plantas expuestas al aire están cubiertas por una membrana de carácter lipófilo, no constituida por células y cuya misión consiste -según MARTIN y JUNIFER (1970)- en asegurar un medio prácticamente saturado de humedad en el interior de la planta, y en proteger a la hoja de cualquier ataque o daño físico que provenga del exterior.

La cutícula es la primera barrera que encuentran los productos químicos aplicados al follaje y puede ser un factor limitante para la absorción de muchas sustancias, particularmente para las de naturaleza polar.

Según ORGELL (1954) la cutícula de las plantas superiores es generalmente compleja, presentándose como un esqueleto o armazón de cutina impregnado, en mayor o menor grado, con cera. De acuerdo con el autor citado y con EGLINTON y HAMILTON (1967) la cutina se halla compuesta por polímeros complejos de ácidos carboxílicos e hidrocarboxílicos, con grupos terminales ricos en uniones no saturados y grupos carboxílicos que, en presencia de agua, dan lugar a la existencia de cargas electrostáticas negativas. En su conjunto, la cutina constituye el mayor componente de la cutícula, siendo su parte más externa la más rica en moléculas de cera. Las ceras son mezclas complejas de largas cadenas de alcoholes primarios

y secundarios, ácidos grasos, alcanos, aldehidos, cetonas y ésteres. -- MARTIN y JUNIPER (1970) han publicado estudios detallados sobre la química de estos compuestos.

La pared celular más externa sobre la que se halla depositada -- la cutícula está frecuentemente impregnada de una capa delgada y continua de pectina. Rodeando cada célula epidérmica se encuentra la pared -- celular, compuesta principalmente de celulosa.

La combinación de cera, cutina, pectina y celulosa constituyen una barrera a franquear para la entrada de una determinada sustancia, -- si bien las divisiones entre las capas citadas pueden no existir o ser indefinidas.

Como ya notaremos más adelante, existen diferencias estructurales entre las distintas especies, diferencias entre plantas de la misma especie crecidas en medios ambientes diferentes y diferencias entre hojas de la misma planta, atendiendo a su edad, y para una misma edad entre el haz y el envés.

La superficie más externa de la planta se presenta, por tanto, -- como una capa de baja polaridad en la que los compuestos solubles en lípidos penetrarán con cierta facilidad, mientras que la fase cutínica, celulósica y péctica aparecen como más fácilmente permeables al agua y a -- los solutos polares.

Según HOLLOWAY (1970), los factores que más afectan a la penetración de los pesticidas aplicados por vía foliar son:

- a) la macro y microtopografía de la superficie de la hoja y
- b) la composición de los grupos químicos expuestos al producto.

Estos son los mismos factores físico-químicos que determinan la facilidad de humectación de cualquier superficie sólida medida como el -- ángulo de contacto de una gota de líquido que permanezca en la superfi--

cie. Los trabajos de FOGG (1948), ADAM (1958), JUNIPER (1959), CHALLENGE (1960) y HOLLOWAY (1969a, b) -entre otros- evidencian tal influencia.

La diferencia práctica entre una superficie que es fácilmente humedecida y otra que no lo es, consiste en que la primera permite que el líquido se extienda sobre ella formando una película continua, mientras que en la no mojabla el líquido permanece en gotas separadas, cubriendo solamente una pequeña fracción de la misma. En los bordes de estas gotas, se forma un ángulo con la superficie sólida que se denomina ángulo de contacto (ADAM, 1963). Un ángulo de contacto cero indica una superficie completamente mojabla; un ángulo de contacto de 180° no existe pues siempre hay cierta adherencia entre un líquido y un sólido. Si los compuestos químicos constituyentes de una superficie son hidrocarburos saturados, ésta será claramente hidrofóbica. El mismo autor últimamente citado indica que el ángulo de contacto más elevado conocido para el agua y una superficie plana es de 115° . Sin embargo, los ángulos de contacto con las superficies de las hojas son, en ocasiones, bastante superiores a ese valor (FOGG, 1947), lo cual indica, según HOLLOWAY -- (1969a, b), que la aspereza de la superficie foliar es un factor importante que afecta la humectación de la hoja.

HALL y JONES (1961) establecieron que las rupturas de las ceras epicuticulares aumentaba la pérdida de agua y la capacidad de mojamiento y BUKOVAC (1965) comprobó que se incrementaba el paso de sustancias tales como el ácido 3 - clorofenoxipropiónico. HOLLOWAY (1969 b) indicó que en aquellas hojas que muestran un ángulo de contacto mayor de 90° , la cera epicuticular es el factor determinante de la humectabilidad y que la eliminación de estas ceras con disolventes orgánicos tiene como resultado general el aumento de la humectabilidad.

La influencia que sobre la absorción foliar en árboles frutales, ejerce la composición y ultraestructura de la cutícula ha sido estudiada por LEECE y KENWORTHY (1972) y por LEECE (1976b).

3.2.4.1.2.- Penetración cuticular propiamente dicha

Varios autores (CRAFTS, 1961; JANSEN, 1964, 1965) han sugerido la existencia de dos vías distintas para la entrada de las moléculas de pesticidas a través de la cutícula: una hidrofílica o polar y otra lipofílica o no polar. Las sustancias solubles en agua pueden seguir la vía acuosa a través de los grupos polares ácidos de la cutina, pectina y celulosa; las sustancias solubles en grasas, la vía lipóide.

CRAFTS (1961) ha indicado que la penetración de varios herbicidas se acelera cuando las plantas tratadas se encierran en bolsas de polietileno, en forma tal que se asegura alrededor de las mismas un medio saturado de humedad. Apparently, el método facilita el ingreso de las moléculas solubles en agua siguiendo la vía acuosa a través de la cutícula.

Este mismo autor sugiere que la cutícula de las plantas superiores debe tener una constitución tipo esponja, con poros llenos de agua y pectina altamente hidratada dentro de los mismos; probablemente, un alto contenido de humedad en la atmósfera y en la hoja permite que el sistema continuo de agua de la misma se acerque al exterior, formando un paso ininterrumpido para la difusión de las moléculas. En estas condiciones, la cubierta protectora de las plantas sería permeable a ambos tipos de compuestos.

Sin embargo, como dice BUKOVAC (1976), los datos acerca de la transpiración cuticular ofrecen una fuerte evidencia de que existe movimiento de agua a través de la cutícula, pero ello no obliga necesariamente a que los compuestos aplicados a las hojas entren por estas mismas rutas. ROBERTS y col. (1948) mediante el uso de técnicas histoquímicas, observaron fibras de pectina en la cutícula de las hojas de manzanos y sugirió que podían servir como camino de entrada para sustancias polares (El núcleo fundamental de la pectina es el ácido galacturónico parcialmente metilado, el cual forma una sustancia amorfa con propieda-

des de intercambio y altamente hidrofílica). Sin embargo, tales fibras no se encuentran, generalmente, en las cutículas de las plantas (BUKOVAC, 1976). En los últimos años se ha seguido discutiendo acerca de la existencia de poros o microcanales en la cutícula. En su revisión, HULL (1970) muestra que son mayoría los trabajos que sostienen la ausencia de tales estructuras.

Por tanto, se puede concluir que las sustancias con carácter lipófilo se absorben y difunden a través de los componentes de la cutícula que poseen este mismo carácter y que el camino seguido por los compuestos polares no está suficientemente aclarado. En general, se está de acuerdo en que la penetración de la mayoría de las moléculas a través de la cutícula de la hoja tiene lugar por difusión y que la captación es lineal a través del tiempo y directamente proporcional a la concentración, teniendo en cuenta que el gradiente de concentración se mantenga.

SCHONHERR (1979) ha desarrollado un modelo para explicar la difusión de xenobióticos a través de membranas cuticulares de diferentes composición.

3.2.4.2.- Penetración estomática

Siendo los estomas las aberturas naturales que poseen las hojas, parece lógico pensar que están relacionados con la penetración de las sustancias aplicadas sobre las mismas y, sin embargo, el mecanismo de la penetración por los poros de los estomas parece ser complejo.

Diversos autores (ADAM, 1948 y SCHONHERR y BUKOVAC, 1972a) comprobaron que aquellas soluciones que poseían tensiones superficiales similares a la del agua pura no penetraban los poros de los estomas. Para que se produjese la penetración se hacía necesario que la tensión superficial de la solución pulverizada estuviese por debajo de 30 dinas/cm. GREENE y BUKOVAC (1974) indicaron que incluso utilizando tensioactivos -

eficientes, no más del 5% de los estomas de las hojas de peral fueron penetrados. Además, tal y como indican MORRISON y COHEN (1980), incluso si las soluciones penetraran en la cámara subestomática tendrían que pasar una membrana cuticular que cubre las células protectoras.

CRAFTS y YAMAGUCHI (1958), trabajando con "Zebrina pendula", que carece de estomas en la cara superior, observaron que la presencia de los mismos no es una condición indispensable para la penetración del pesticida. Por otro lado, SARGENT y BLACKMAN (1962) hallaron que hojas con los estomas cerrados absorbían fácilmente las sustancias pesticidas.

No obstante lo anterior, existen claras evidencias experimentales (HULL, 1970; JYUNG y col., 1965; LEKVEISHVILI, 1974) que correlacionan número de estomas con la absorción de productos químicos aplicados a las hojas. Esto fue interpretado sugiriendo que la penetración se efectúa, además de la porción que lo puede hacer por los poros estomáticos, por sitios definidos de la hoja, tales como las células estomáticas o las células anexas del estoma. Este tipo de penetración fue observado por NEUMANN y JACOB (1968) y por FRANKE (1964a).

3.2.4.3.- Otras vías de penetración

Otros elementos implicados en la absorción de productos químicos aplicados a las hojas son los ectodesmos; la evidencia de su papel en la absorción foliar ha sido ampliamente estudiada por FRANKE (1961, 1967, - 1970). En un principio, se pensó que eran unas estructuras particulares que formaban una conexión protoplasmática directa entre las células epidérmicas y la superficie externa y que están cubiertas únicamente por la cutícula.

Posteriormente, CRISP (1965) confirmó la opinión de FRANKE - (1964 b) de que no eran fibras protoplasmáticas, sino estructuras de la pared celular ricas en sustancias reductoras. Estas estructuras están presentes en grandes cantidades en las células que constituyen el estoma y en las células epidérmicas que las rodean (FRANKE, 1964c).

FRANKE (1971b), para poder distinguir más claramente los ectodesmos de los plasmodesmos, propuso utilizar la palabra "teicodes" --- (teichos = pared, hodos = camino) en lugar de ectodesmos.

Otras estructuras que pueden jugar un papel importante en la absorción foliar son los tricomas. Este nombre engloba, de una forma genérica, los apéndices epidérmicos. En su revisión, HULL (1970) dedica un apartado a esta vía de absorción.

LISKENS y col. (1965) resumieron el papel de estos "pelos foliares" en cuanto al remojo, retención y absorción foliar se refiere. Dependiendo de su morfología, pueden suministrar un microclima que altere el tiempo de secado de las pulverizaciones acuosas, y por tanto, la absorción de las mismas. Como en la mayoría de los casos están formados por células epidérmicas, constituyen una importante vía de entrada para las soluciones acuosas. SIFTON (1963) opina que el aumento de permeabilidad que se observa en la base de los tricomas está relacionado con un menor desarrollo de la cutícula en esa región.

3.2.5.- Factores que afectan la penetración foliar de plaguicidas

3.2.5.1.- Factores ambientales

Son pocos los estudios que sobre la influencia que los efectos ambientales ejercen en la absorción de pesticidas se han llevado a cabo en condiciones naturales. Ello es debido a las dificultades para separar los distintos efectos de los factores implicados, fundamentalmente: luz, temperatura y humedad. Sin embargo, los estudios realizados controlando el medio ambiente, parecen tener una aplicación general.

3.2.5.1.1.- Luz

Diversos investigadores (CROSBY, 1969 y 1973 y PLIMMER 1970) han sugerido que la luz cuya longitud de onda está comprendida entre 285 y -

450 nm promueve la ruptura de los pesticidas en la superficie de las hojas.

Por otro lado, SARGENT y BLACKMAN (1965) y GREENE y BUKOVAC -- (1971) han indicado que las intensidades de luz comprendidos entre 5000 y 15000 lux dan las mejores respuestas para la penetración del 2,4 - D (5211) y del NAA (6114). AHLGREN y SUDIA (1967) también comprobaron que la luz hacía que las hojillas de "Glycine max" incrementasen la absorción de fosfatos.

Sin embargo, BRIAN (1967) encontró que la penetración de "diquat" (5353) en las hojas de acelga y de tomate se daba en mayor extensión en la oscuridad. DAVIS y col. (1968) comprobaron en una variedad de roble, que la luz no influenciaba la absorción de determinadas sustancias.

Ante estos resultados contradictorios es importante recordar la observación realizada por LUCKWILL y LLOYD - JONES (1962). Estos autores manifestaron que había que tener sumo cuidado a la hora de interpretar - aquellos trabajos donde la penetración se mide por la pérdida de actividad de la sustancia en la superficie de la hoja, ya que algunos compuestos son rápidamente degradados por la luz.

SKOSS (1955) indicó que las hojas que se desarrollan a plena luz solar poseen una cutícula más gruesa que las que lo hacen a la sombra, - lo cual puede representar un importante factor a tener en cuenta.

HILL (1976) ha indicado, de una forma más completa, que la estructura de la cutícula puede variar como consecuencia de las condiciones ambientales tales como temperatura, lluvia e intensidad luminosa. Por tanto, la actividad pesticida sobre las plantas de la misma especie crecidas en condiciones ambientales diferentes puede ser distinta.

3.2.5.1.2.- Humedad

En general, un alto porcentaje de humedad mejora la permeabili--

dad de la cutícula originando una absorción mayor (VAN OVERBEEK, 1956a), aumenta el tiempo de desecación de las gotitas pulverizadas y favorece la abertura de los estomas (PRASAD y col., 1967).

STEFFENS y WIENEKE (1975) han evidenciado la influencia positiva que ejerce la humedad sobre la absorción foliar de metil-azinfos (1455) por plantas de judías.

Otros trabajos que manifiestan la importancia del factor humedad son los debidos a WESTWOOD y col. (1960) y a SMITH y col. (1959).

3.2.5.1.3.- Temperatura

ZIMMERMAN y MILBURN (1975) y SHARMA y col. (1976) se hacen eco de que un aumento de temperatura, dentro de los límites fisiológicos, -- normalmente da lugar a un incremento en la absorción y transporte de los productos químicos aplicados a las hojas. Esto está relacionado con la producción de una serie de cambios físicos de la cutícula que alteran la permeabilidad de la misma, así como con una aceleración en la actividad metabólica de la planta. Esto último puede dar lugar a un transporte más rápido de la sustancia aplicada desde el lugar de entrada o a un aumento en la velocidad a la cual se degrada dentro de los tejidos; cualquiera de los dos casos ayuda a mantener un gradiente de concentración y puede permitir una absorción continua.

SARGENT (1965) discutió las razones fisiológicas que incidían sobre la obtención de valores relativamente altos en los coeficientes de temperatura, lo que sugería que el efecto de este factor estuviera relacionado con procesos metabólicos.

Sin embargo, VAN OVERBEEK (1956a) ya había establecido que incrementos notables en los valores de Q_{10} podían estar asociados con cambios físicos en las sustancias grasas de las membranas plasmáticas. En este mismo sentido, NORRIS y BUKOVAC (1969) describen haber encontrado un notable cambio en la cutícula de la hoja de perales en el intervalo de 15-25°C.

3.2.5.2.- Factores relacionados con la planta

3.2.5.2.1.- El haz y el envés

Son varias las publicaciones que evidencian que, en general, la superficie inferior de las hojas es penetrada con mayor facilidad que la superior por los diversos productos químicos (HULL, 1970). Este mismo autor manifiesta que ello se relaciona, a menudo, con el hecho de -- que la cutícula es más delgada en esa zona y que la mayoría de las hojas de las distintas especies vegetales poseen un número más elevado de estomas en la parte inferior o envés. Sin embargo, NORRIS y BUKOVAC -- (1968) han indicado que la cutícula del envés puede contener tantas o -- más ceras que la de la cara superior, pero que las ceras del haz poseen una mejor orientación. Además, y en el caso del peral, la cutícula de -- la parte superior de la hoja es más delgada que la de la parte inferior.

BUKOVAC (1976) se lamenta de que no existan estudios que arro-- jen alguna luz sobre la implicación de factores secundarios en esta di-- ferencia de permeabilidad cuticular.

3.2.5.2.2.- Características fisiológicas, ecológicas y botánicas de la hoja.

BUKOVAC (1965) encontró que aquellas hojas maduras que habían fi-- nalizado su crecimiento absorbían menos que aquellas otras más jóvenes -- que aún no lo habían hecho. Esto está de acuerdo con las discusiones -- realizadas por CRAFTS y FOY (1962) y SARGENT (1965).

AHLGREN y SUDIA (1964) hallaron que la edad de la hoja también -- afectaba la absorción de sustancias inorgánicas y que esta disminuía con la edad.

Cuando el nivel de humedad foliar es el adecuado, la absorción -- es mayor (VAN OVERBEEK, 1956a), mientras que un exceso de humedad puede reducir la absorción (CURRIER y DYBING, 1959). La influencia que este --

factor ejerce sobre la absorción ha sido revisado detalladamente por -- HULL (1970).

Algunos autores han observado que la variedad botánica puede -- ser una causa que modifique la absorción del plaguicida. Así, MILLER y ABOUL-ELA (1968) describieron la existencia de diferencias de este tipo en dos variedades de plantas de algodón tratadas con un producto defo-- liante.

MARTIN y JUNIFER (1970) han observado que algunos plaguicidas, -- entre ellos el ester-MCPA (5214) y el paratión (1434) pueden alterar la estructura superficial de la hoja, y ello podría llegar a ocasionar un aumento en la retención y penetración de los productos químicos aplica-- dos con posterioridad. Este hecho ha sido también puesto de manifiesto por otros autores, como PRICE (1977).

3.2.5.3.- Factores relacionados con el pesticida y su formulación

3.2.5.3.1.- Características estructurales del pesticida

Diversos autores (VAN OVERBEER, 1956b; SARGENT, 1964; ROBERTSON y col., 1971; KIRKWOOD, 1977) han comprobado que la penetración de una sustancia puede estar directamente relacionada con su estructura quími-- ca. Y es lógico que esto sea así dado el carácter eminentemente lipóide de la primera capa constitutiva de la cutícula; por tanto, en principio, aquellos compuestos con mayor carácter lipófilo penetrarán la barrera - cuticular con mayor facilidad.

KIRKWOOD (1977) indica que, en general, la cloración de las mo-- léculas de los pesticidas aumenta la solubilidad lipídica de los mismos y, por tanto, se intensifica la penetración cuticular. Sin embargo, es-- to no ocurre siempre así. SARGENT y BLACKMAN (1969) obtuvieron que la - penetración de los ácidos fenoxiacéticos en las hojas de judías se in-- crementaba con la cloración progresiva de la molécula original, mientras

que el mismo proceso disminuía la penetración de los ácidos benzoicos. La explicación parece estar relacionada con el diferente efecto que la cloración produce en el pK de la molécula; mientras que en el ácido fenoxiacético la cloración incrementa la solubilidad lipídica sin apenas actuar sobre el pK de la molécula, éste se deprime notablemente en el caso del ácido benzoico.

KIRKWOOD (1977) también resalta el hecho de que los pesticidas no polares atraviesan más fácilmente la cutícula que los polares. Para que las moléculas pulverizadas sobre la planta tengan movilidad interna es necesario que posean un adecuado coeficiente de partición lipófilo-acuoso. COLLANDER (1959) ha descrito una serie de factores, tales como volumen molecular, coeficiente de partición, polaridad, etc., que pueden afectar de forma importante la penetrabilidad de las membranas.

3.2.5.3.2.- Coadyuvantes

De acuerdo con FREED y MONTGOMERY (1958) y con HUGHES y FREED (1961) la acción de estas sustancias puede estar fundamentada en una o más de las siguientes acciones:

- a) Aumentar el área de contacto del líquido debido a una mayor cobertura.
- b) Funcionar como agentes de solubilización de la cutícula.
- c) Prolongar el periodo de penetración al impedir el secado rápido de la gota.

SARGENT y BLACKMAN (1962) establecieron que la acción del coadyuvante puede estar influenciada no solamente por la naturaleza del pesticida empleado sino también por la concentración del mismo.

PARR y NORMAN (1965) y HULL (1970) han realizado revisiones detalladas acerca de la utilización y efectos de estas sustancias en la formulación de los pesticidas habiendo abordado también el aspecto re-

ferente a la fitotoxicidad que pueden provocar por sí mismos.

Existe un punto llamado concentración micelar crítica en el cual, aunque se aumente la concentración del agente tensioactivo, ya no se produce disminución alguna en la tensión superficial de la solución. Según OSIPOW (1964) este punto se alcanza con concentraciones de agentes tensioactivos comprendidos entre 0,01 y 0,5%. Para valores superiores a la concentración micelar crítica los agentes tensioactivos pueden solubilizar las ceras (FURMIDGE, 1959) e interaccionar con la cutina, cambiando así la capacidad de difusión a través de la cutícula.

Una misma sustancia puede ejercer acciones diferentes sobre soportes distintos. HOLLY (1964) resumió la influencia que las sustancias humectantes pueden tener sobre la selectividad de un herbicida. En general, al disminuir la tensión superficial de un líquido, aumenta la capacidad de humectación en una superficie que no es fácilmente mojable; -- por otro lado, se incrementa el escurrimiento y la pérdida del mismo -- cuando la superficie es humedecida con facilidad.

Además de los agentes típicamente tensioactivos, se utilizan -- otra serie de sustancias que coadyuvan a la penetración foliar, tales -- como aceites, DMSO (dimetilsulfóxido), ciertas sales, etc. Abundante documentación acerca de ello se puede encontrar en la revisión de HULL -- (1970).

3.2.5.3.3.- pH de las soluciones pulverizadas

Investigadores como CRAFTS (1956) y SARGENT y BLACKMAN (1962) -- observaron que valores bajos de pH favorecían la absorción de compues-- tos como el 2,4 - D. Es general considerar que aquellos compuestos con naturaleza química de ácido débil se absorben más fácilmente a pH bajo, ya que la molécula no disociada es mejor absorbida por la fase lipóide de la cutícula que la forma ionizada.

Sin embargo, el pH también puede ejercer un papel directo sobre los residuos ácidos de la cutícula y de la membrana celular que, naturalmente, puede variar de unas especies a otras. Según VAN OVERBEEK -- (1956), un aumento de la concentración de iones hidrógeno puede reducir la carga negativa de la cutina y la membrana celular, aumentando así la permeabilidad para determinadas sustancias.

CRAFS (1961), ROBERTSON y col. (1971) y GREENE y BUKOVAC (1971) describen que en aquellos pesticidas cuya estructura química es poco sensible a cambios de pH (amidas, ésteres, etc) la concentración de iones hidrógeno de la solución pulverizada tiene poco efecto sobre la penetración.

3.2.5.3.4.- Tamaño de las gotitas pulverizadas

Distintos investigadores han demostrado que la actividad biológica de una determinada pulverización puede ser alterada por el simple hecho de cambiar el tamaño de la gota, y esto es particularmente notorio en ciertas especies vegetales (HULL, 1970).

En el apartado 3.2.3. de este capítulo se han comentado algunos aspectos referentes a la cobertura y adherencia a la superficie foliar. Cuanto mayor sea la retención del producto pulverizado por parte del vegetal, mayor será la posibilidad de su absorción.

PRICE (1977) ofrece un modelo de absorción en el que la difusión es el mecanismo principal de entrada del pesticida. La diferencia de concentración interna y externa, el grosor de la cutícula y los coeficientes de difusión y partición de la sustancia aplicada en la fase lipóide de la cutícula serán los factores implicados en la penetración del pesticida.

BENGTTSSON (1961) ha estudiado detalladamente cómo el tamaño de la partícula pulverizada influye sobre la retención y la posterior actividad biológica de algunos herbicidas. La efecti-

vidad de acción del 2,4,5-T en cuanto a tamaño de partícula, volumen de aplicación y concentración del producto fué abordada por BEHRENS (1957).

3.2.6.- Penetración a través del tallo o del tronco

Si se compara con la superficie foliar, el tallo presenta una menor superficie de absorción pero alberga en su interior un desarrollado sistema de transporte.

Son diversos los investigadores que han informado sobre la rápida absorción de herbicidas a través de tallos jóvenes (PARKER, 1966; -- OLIVER y col., 1968; NISHIMOTO y WARREN, 1971). En general y tal como afirma BUKOVAC (1976), la penetración a través del tejido de un tallo inmaduro se estima que sigue un patrón muy similar al de las hojas.

Las plantas leñosas suelen rodearse de un tejido suberificado, llamado peridermis, que forma una capa protectora y que reemplaza a la epidermis, cuando se cae (FAHN, 1974). La estructura y composición de la epidermis, altamente suberizada, indica una baja permeabilidad sobre todo para las sustancias de naturaleza polar. Sin embargo, la gran mayoría de los vegetales poseen unas zonas definidas en su epidermis que reciben el nombre de lenticelas y que son a modo de cañales radiales que atraviesan la capa de corcho. Las células que las constituyen no suelen estar suberizadas y pueden absorber fácilmente agua. De acuerdo con el mismo autor antes citado, su misión parece ser algo similar a la que realizan los estomas en los tejidos epidérmicos.

En general, se considera que la corteza de las plantas leñosas constituye un serio inconveniente a la penetración de sustancias químicas aplicadas sobre ellas. Sin embargo, existen pruebas manifiestamente evidentes de que al ser pulverizados los troncos de estas plantas, o rodeados con sustancias inertes empapadas con pesticidas, se produce una amplia absorción del producto.

Hechos de esta naturaleza han sido descritos por CRAFTS (1964) para herbicidas, y por SANTI (1962), PIETRITONELLI (1965) y ALLEN --- (1979) para insecticidas sistémicos.

Lo que no parece estar suficientemente claro -ya que la bibliografía en este punto es muy limitada- es si estas sustancias penetran a través de la corteza propiamente dicha, si lo hacen a través de las lenticelas, o si, por el contrario, lo hacen a través de las posibles heridas que pueda tener la planta o de las fisuras y grietas radiales - que se producen con facilidad como consecuencia del crecimiento secundario.

3.2.7.- Penetración post-cuticular: translocación

Si el pesticida o una parte de él ha sido capaz de difundirse a través de la cutícula, se va a encontrar con una capa de pectina -que constituye la parte más externa de la pared celular sobre la que normalmente descansa la cutícula y con una capa que rodea independientemente cada célula epidérmica, compuesta principalmente de celulosa y que tiene una estructura fibrilar. Esta pared celular que describimos a "grosso modo", constituida por pectina y celulosa, es de naturaleza hidrofílica, y será, por tanto, fácilmente permeable al agua y a los solutos polares.

Las moléculas del xenobiótico tienen entonces que difundirse a través de las paredes celulares subyacentes, ya sea para acceder a los tejidos vasculares o para entrar en el citoplasma celular.

Este carácter hidrofílico puede representar una limitación para la difusión de un compuesto marcadamente lipófilo (KIRWOOD y col., 1972), pero una formulación adecuada puede llegar a obviar de una forma relativamente importante tales inconvenientes.

La pared celular tiene un carácter marcadamente hidrofílico; -- por ello, el movimiento de los compuestos polares debe ser bastante más

cómodo que a través de la cutícula. Sin embargo, algunas sustancias aniónicas pueden quedar inmovilizadas a consecuencia de producirse reacciones de adición. De otra parte, los pesticidas podrían también llegar a ser absorbidos en los espacios intercelulares de algunos tejidos que contengan enzimas extracelulares (MORRISON y COHEN, 1980).

BAYER y LUMB (1973) han indicado que la estructura microfibrilar de la celulosa puede afectar la penetración de moléculas cuyo peso molecular sea superior a 300.

La célula, para su perfecto funcionamiento, requiere un medio ambiente saturado de humedad. La pared celular recibe un suministro constante de agua a través del xilema que proviene de la absorción radicular. Este agua sale a la atmósfera, en su mayor parte, a través de los estomas. Esto nos indica que, después de atravesar la cutícula, una sustancia al difundirse en la pared celular se va a encontrar con un medio rico en agua que -si la sustancia posee un adecuado balance lipofílico-hidrofílico-le puede permitir trasladarse por el interior de la planta, en la corriente de evapotranspiración de la misma (KIRWOOD, 1977 ; PRICE, 1977), acumulándose preferentemente en los extremos y bordes de las hojas que es donde, precisamente la transpiración es más intensa.

El paso siguiente que tendría que seguir una molécula aplicada sobre la superficie foliar de una planta, para completar su penetración en la misma (transporte de corta distancia) sería atravesar la barrera que ofrece la membrana citoplasmática o plasmalema, introduciéndose de esa forma en el citoplasma viviente de la célula.

Los plaguicidas pueden entrar en la planta y moverse en la dirección de la corriente de evapotranspiración, moverse con los "productos asimilados" de la fotosíntesis o hacerlo de ambos modos. Estas tres formas de movimiento reciben respectivamente el nombre de transporte apoplástico, simplástico y ambimóvil (EDGINGTON, 1981).

De acuerdo con PRICE (1977) y con el autor antes citado, el apoplasto es la parte no viviente de la planta constituido por las paredes celulares, los espacios intercelulares, los tejidos xilemáticos conductores del agua y otras fibras no vivientes y traqueidas. El movimiento de larga distancia de la corriente de transpiración se realiza por vía apoplástica y es unidireccional, desde las raíces hacia las hojas. El movimiento en el apoplasto se realiza por difusión o por flujo de masa.

El simplasto está constituido por la parte viviente de la planta que está encerrada (rodeada) por membranas; está limitado hacia el exterior por la membrana citoplasmática o plasmalema y hacia el interior por la membrana vacuolar o tonoplasto. Los citoplasmas celulares están unidos por unos conductos llamados plasmodesmos que producen una continuidad intercitoplasmática. El simplasto incluye las células constitutivas del floema, es decir, los tubos cribosos cuya misión fundamental es la translocación de las sustancias orgánicas. El movimiento dentro del floema es bidireccional y se considera que las sustancias absorbidas -- por las hojas y que alcanzan el floema siguen un patrón de movimiento idéntico al de los productos elaborados en la fotosíntesis. Las sustancias transportadas en el floema se mueven hacia regiones de marcado crecimiento, tales como frutos, meristemos apicales y parte superior de la raíz.

La actividad sistémica de un pesticida se asocia frecuentemente con aquellas sustancias fitosanitarias cuyo log del coeficiente de distribución octanol/agua está comprendido entre 0 y 3 (BRIGGS y BROMILOW, 1977).

El transporte de los xenobióticos en el interior de la planta es un tema que no está perfectamente claro, existiendo cierta controversia acerca de las razones que fundamentan el que determinados compuestos sean translocados por una u otra vía. La vía que parece presentar mayores dificultades para la correcta interpretación es la simplástica.

Algunos recientes e importantes trabajos que tratan de profundizar sobre el tema en alguno de los métodos mencionados y que ofrecen -- una visión amplia (de conjunto) sobre este particular son los debidos a:

CHRIST (1979), quien describe los requisitos fisiológicos y físico-químicos para el transporte de los xenobióticos, tanto en el xilema -- como en el floema.

PRICE (1977, 1979), quien hace especial hincapié en las bases -- fisiológicas sobre las que está sustentada la translocación.

HILL (1976), quien da una visión global sobre la translocación e indica el camino preferente para el movimiento de diversos insecticidas, mientras que EDGINGTON (1981) hace una revisión bajo el punto de vista -- de requisitos estructurales y vía de distribución para fungicidas sistémicos.

CRISP y col. (cit. EDGINGTON, 1981) que describen el transporte floemático y xilemático de diversos insecticidas, y TYRREE y col. (1979) que ofrecen una explicación sobre la ambimovilidad de determinados xenobióticos.

Otros trabajos de síntesis acerca del transporte floemático son los debidos a WARDLAW (1974), ZIMMERMAN y MILBURN (1975) y KIRWOOD (1977). Este último autor resalta el hecho de que hay una estrecha relación entre absorción y translocación; una eficiente translocación precisa también de una absorción eficiente. Recoge también información bibliográfica acerca de la mayor adecuación de las plantas tipo C_4 para el transporte de plaguicidas tanto a corta como a larga distancia. También hace referencia a trabajos que demuestran la influencia que las condiciones ambientales ejercen sobre la translocación de pesticidas.

3.2.8.- Metabolismo de los pesticidas

3.2.8.1.- Consideraciones generales

En este apartado -al igual que los anteriores- no se persigue -realizar una revisión exhaustiva y puntual acerca del tema que se trata; su objetivo consiste en plantearlo de una forma genérica -nunca pormemorizada, al menos excesivamente- e intentar evidenciar todos aquellos --factores que de alguna manera pueden estar implicados en nuestro objetivo central: las alteraciones metabólicas en vegetales producidas por --los tratamientos pesticidas, detectadas mediante el análisis foliar de elementos nutritivos.

Por esta razón abordamos el metabolismo de los pesticidas dentro de las plantas superiores sin hacer especificaciones a productos de terminados, ni tan siquiera para aquéllos utilizados en nuestras experiencias, pues la sencillez del planteamiento experimental no lo requiere. Lo que verdaderamente nos interesa, es poner de manifiesto que la -metabolización de un pesticida está íntimamente ligado con algunos de -los sistemas enzimáticos de las plantas y que de, alguna manera, esto -podría llegar a estar relacionado directamente con el contenido foliar de los nutrientes vegetales.

Una vez que el pesticida ha penetrado en la planta, tanto si circula en ella como si no lo hace, puede sufrir una serie de procesos bioquímicos encaminados a su eliminación o destoxificación del vegetal.

Según PARKE (1968), el metabolismo de los pesticidas consta de dos fases:

La primera de ellas está constituida por las reacciones primarias de oxidación, reducción e hidrólisis, las cuales originan productos polares mediante la adquisición de grupos, tales como hidroxilos, -aminos, carboxilos o tioles.

La segunda fase, o fase de las reacciones secundarias, se carac

teriza porque en ella se producen una serie de productos conjugados que, generalmente, no son tóxicos y que son solubles en agua. Estas fases pueden darse simultáneamente.

Normalmente, los pesticidas se metabolizan con mayor lentitud en las plantas que en los animales, y ello puede atribuirse en parte a la falta de eficientes sistemas de circulación y de excreción (MORRISON y COHEN, 1980).

La función que diversos enzimas ejercen sobre el metabolismo de determinados pesticidas ha sido ampliamente revisada por LAMOUREAUX y FREAR (1979), bajo una óptica global; por PAULSON (1976) en lo referente a las hidrólisis de los ésteres de sulfatos de arilo; por FREAR (1976) en lo concerniente a la participación de sistemas enzimáticos en la formación e hidrólisis de glucoconjugados; por IWAN (1976) en lo que respecta a acilaciones y alquilaciones; por MENZER (1973) en lo relacionado con oxidaciones y conjugaciones, por MENN (1978) y MORRISON y COHEN (1980) para diversos tipos de reacciones. KUHR (1970) realiza un estudio en el que aborda las implicaciones enzimáticas que ocurren en el metabolismo de los insecticidas carbámicos en las plantas.

DEKHUIJZEN y col. (1971) estudian las transformaciones enzimáticas de los fungicidas ditiocarbámicos en plantas. FUKAMI (1977) realiza una revisión acerca de la importancia que la GSH (glutathión S - transferasa) ejerce en la destoxificación de organismos vivos, incluidas las plantas.

Las células vegetales, al igual que los animales, contienen una red de membranas y vesículas llamadas retículo endoplasmático. Mediante homogeneización y centrifugación diferencial se obtienen unas bolitas -- que reciben el nombre de microsomas. Estos fragmentos celulares contienen enzimas responsables de las biotransformaciones de los productos xenobioticos. Según FAHN (1974) los microsomas contienen aparentemente peroxidasa y catalasa. MENN (1978) indica que los microsomas intervienen, funda-

mentalmente, en reacciones de oxidación de xenobióticos e indica las --- principales biotransformaciones con carácter microsomial y las que no lo tienen, pero que también pueden catalizar reacciones de hidrólisis. -- Los enzimas hidrolíticos suelen estar albergados en los lisosomas (FAHN, 1974). MENN y col. (1977) indican que el conocimiento de los enzimas microsomiales en las plantas es reducido por el limitado número de preparaciones "in vitro" que se han podido realizar de estos enzimas.

La presencia de sistemas enzimáticos iguales o similares en diversos organismos, confirma el hecho de que existe un cierto paralelismo entre ellos en la biotransformación de xenobióticos. Según KAUFMAN y -- KEARNEY (1976) parece ser que, mientras los microorganismos tienen capacidad de producir nuevos enzimas que metabolicen las moléculas extrañas, las plantas y los animales se limitan a movilizar los enzimas ya existentes. Generalmente, las biotransformaciones de pesticidas son cualitativamente similares en plantas y animales (MENN, 1978).

No obstante esto, las reacciones de conjugación pueden presentar diferencias cualitativas, debido a que las plantas carecen de los eficaces sistemas de excreción que poseen los animales. En las plantas, los productos finales de estas biodegradaciones son almacenados y se pueden incorporar como constituyente.

3.2.8.2.- Algunas reacciones básicas de biotransformación en vegetales

Existen fundamentalmente cuatro reacciones básicas implicadas en la metabolización de los pesticidas en las plantas: oxidación, reducción, hidrólisis y conjugación.

3.2.8.2.1.- Reacciones de oxidación

Las reacciones de oxidación juegan un importante papel en la biotransformación de los pesticidas en las plantas (MENN y STILL, 1977; CASIDA y LYKKEN, 1969). Son frecuentemente las primeras reacciones que se

dan en el proceso de destoxificación o activación de un pesticida.

De acuerdo con HAYAISHI y NOZAKI (1969), los enzimas que catalizan las reacciones de oxidación -llamados genéricamente oxidasas- pueden subdividirse en dos grupos: dioxigenasas y monoxigenasas. Los primeros catalizan la incorporación de dos átomos de oxígeno a la molécula de sustrato, mientras que los segundos, sólo uno. Las monoxidasas están constituidas por oxidasas de función mixta que poseen una gran importancia en el metabolismo xenobiótico de insectos y animales. El aislamiento de estos sistemas enzimáticos en las plantas (YOUNG y BEEVERS, 1976) pone de manifiesto que, en muchas ocasiones, hay una gran similitud con los sistemas enzimáticos ligados al citocromo P 450 encontrados en animales y plantas. LAMOUREAUX y FREAR (1979) hacen una exhaustiva recopilación de la intervención de estos enzimas en el metabolismo vegetal de pesticidas y señalan que la inmensa mayoría de ellos utilizan como cofactor NADPH.

3.2.8.2.2.- Reacciones de reducción

Las reacciones de reducción juegan un escaso papel en el metabolismo de los pesticidas por parte de las plantas superiores. Sólo se han detectado la reducción de grupos nitro aromáticos a las correspondientes aminas (EASTIN, 1972) y la reducción de un sulfóxido a sulfuro (FREHSE, 1971).

Las reacciones que han sido mejor estudiadas son las catalizadas por arilnitroreductasas. Esta enzima ha sido aislada en el cacahuate y guisante (LAMOUREAUX y FREAR, 1979). Sin embargo, estos mismos autores manifiestan que muchos trabajos acerca de este tipo de reacción reductiva se han llevado a cabo sobre cultivos de tejidos de células crecidas en condiciones tales que una acción microbiana podría explicar tal reducción.

3.2.8.2.3.- Reacciones de hidrólisis

Dependiendo del sustrato en cuestión, los enzimas más notorios -- que intervienen en las reacciones hidrolíticas son, fundamentalmente, -- amidasas y esterases. Pesticidas tales como insecticidas organofosforados y carbámicos, que son ésteres, pueden llegar a ser hidrolizados por el simple medio acuoso de la planta, pero esta reacción puede ser acelerada por un gran número de enzimas esterásicos presentes en la planta -- (CASANOVA, 1971).

Entre los enzimas hidrolíticos, que juegan un importante papel -- en el metabolismo vegetal de pesticidas, destacan las arilacilamidases; poseen una marcada estabilidad, no requieren cofactores y poseen un pH -- óptimo comprendido entre 7,5 y 7,9 (LAMOUREAUX y FREAR, 1979). Su intervención en la detoxificación de las plantas ha sido puesta de manifiesto por diversos investigadores (STILL y KUZIRIAN, 1967; FREAR y STILL, 1968; HOAGLAND y GRAF, 1972).

Las esterases juegan un importante papel en la degradación de -- aquellos pesticidas que llevan la función éster. La intervención de este rasas vegetales en la hidrólisis de fungicidas y herbicidas ha sido descrita por CLIFFORD y col. (1977) y por FEDTKE y SCHMIT (1977). Su participación en la hidrólisis de insecticidas organofosforados ha sido descrita por ROWLANDS (1965, 1966).

3.2.8.2.4.- Reacciones de conjugación

En el apartado de "Consideraciones generales" (3.2.8.1) sobre el metabolismo, ya se indicó que los tres tipos de reacciones que acabamos de ver suelen producir metabolitos de menor toxicidad que el producto -- inicial (destoxificación), aunque también es cierto que, a veces, se -- pueden producir compuestos de mayor toxicidad (activación).

La palabra conjugación se emplea para denominar aquellas reaccion

nes que usualmente están catalizadas por enzimas y que consisten en la unión de substratos endógenos a productos xenobióticos.

Según KAUFMAN y col. (1976) los pesticidas, tanto en animales - como en plantas, pueden conjugarse con hidratos de carbono, sulfatos, - aminoácidos y con glutatión. Estos productos quedarán almacenados, en - el caso de las plantas, y excretados en el de los animales.

Respecto a la conjugación con hidratos de carbono, estudios comparativos han evidenciado que los pesticidas o sus metabolitos se encuentran en los vertebrados conjugados a la forma de β - glucorónidos mien--tras que en las plantas lo hacen como β - glucosidos (FREAR, 1976). Entre éstos se encuentran O - glucósidos, N - glucósidos, S - glucósidos, gentobiósidos y ésteres de glucosa.

El tipo más común de reacciones de glucosación encontrado en el metabolismo de pesticidas parece conllevar la transferencia de glucosa - hacia la molécula extraña desde una molécula de UDPG (uridin difosfato - glucosa), proceso catalizado por enzimas del tipo glucosiltransferasa.

MUMMA y HAMILTON (1976) han puesto de manifiesto que en las -- plantas, los conjugados de pesticidas con aminoácidos se realizan prefe--rentemente con el ácido aspártico.

El glutatión es un tripéptido que actúa como sistema redox. Está formado por ácido glutámico, cisteína y glicina. Se deshidrogena con facilidad, quedando unidas entonces dos moléculas de glutatión por un --puente disulfuro. Actúa como coenzima de algunas oxidorreductasas. Juega un importante papel en la conjugación de determinados pesticidas tanto en plantas como en animales. Su papel en el metabolismo vegetal de - los pesticidas ha sido evidenciado por distintos investigadores; entre ellos, LAMOUREUX y col. (1970), STILL y RUSNESS (1977) y FREAR y SWANSON (1970).

Una amplia revisión acerca de la participación de la enzima glu

tación S - transferasa en el metabolismo de los pesticidas ha sido realizada por LAMOUREUX y FREAR (1979).

3.2.9.- Alteración de actividades enzimáticas por acción de los pesticidas

El estudio "in vivo" del metabolismo en plantas de los productos pesticidas resulta a veces bastante complejo; por ello, hay un considerable número de trabajos que abordan este tema mediante la realización de estudios "in vitro" utilizando cultivos celulares, cultivos de tejidos y cultivos de órganos, tal y como ha sido recogido en las revisiones de SHIMABUKURO y WALSH (1979) y de MUMMA y HAMILTON (1979).

Por otro lado, la ya citada revisión de LAMOUREUX y FREAR (1979), examina la línea de trabajo que se basa en la utilización de sistemas enzimáticos aislados de las plantas para el estudio "in vitro" del metabolismo de los pesticidas.

Además de los estudios "in vitro", que sugieren y evidencian un activo papel de distintos enzimas y complejos enzimáticos en el metabolismo de productos pesticidas, diversos trabajos han puesto de manifiesto que estos productos pueden alterar el contenido y la actividad de los enzimas vegetales, lo que, en cierto modo, implica una distorsión o modificación metabólica -al menos en cuanto a ritmo se refiere- originada -- por la aplicación del pesticida.

WORT (1964) revisó la influencia de algunos herbicidas sobre la actividad enzimática, e indica que la respuesta a un mismo pesticida puede diferir entre especies e incluso entre órganos de una misma planta.

Por otro lado, una misma sustancia pesticida es capaz de estimular o inhibir la acción de una determinada enzima dependiendo de la concentración de aquella (FREED y col. 1961). Ello puede ser debido a que el pesticida participe en la formación de un complejo substrato-regulador-enzima con una energía de activación más baja que la correspondiente al conjunto enzima-substrato; la utilización de mayores cantidades -

de pesticidas saturarían tanto al enzima como al sustrato, lo que retardaría la formación del complejo enzima-sustrato.

WORT (1964) pasa revista a una serie de hechos que pueden ser -- los causantes de una forma indirecta, en la mayoría de los casos, de la alteración de la actividad enzimática. Entre ellos, cita: variación del pH; acción del pesticida sobre el apoenzima o el coenzima de tal manera que, de alguna forma, se inhibe o retarda la formación del holoenzima; -- acción sobre enzimas que son necesarias para la formación del sustrato sobre el que actuará un segundo enzima; cambios en la concentración de -- algunas vitaminas del grupo B que actúan como coenzimas en determinadas reacciones; cambios en el contenido de ácido ascórbico; variaciones en -- los contenidos de determinados iones metálicos; en aminoácidos necesarios para la formación del enzima, etc.

Pero estos cambios enzimáticos no están originados únicamente -- por los herbicidas; existen numerosas comunicaciones acerca de la alteración enzimática provocada por fungicidas e insecticidas, algunos de los cuales citaremos a continuación.

3.2.9.1.- Algunas alteraciones enzimáticas provocadas por fungicidas

BONTEA y col. (1977) detectaron cambios enzimáticos en las hojas y los frutos de manzanos tratados con polisulfuro de Ba (3118) al 0,8% y con tiofanato (3962, 3660) al 0,1% durante cinco veces al comienzo de la irrupción de la yema. Ambos fungicidas originaban un incremento en la actividad proteolítica en hojas y frutos y una disminución en la actividad de la peroxidasa.

KAROV (1971) comunicó que algunos fungicidas como "Caldo bordo--lés" (sulfato de Cobre, 3127) o como el zineb (3215) y el ziram (3225) -- inhibían la actividad de la catalasa. Sin embargo, el "Caldo bordolés" -- aumentaba la actividad de la peroxidasa mientras que los otros la inhi--bian. El autor indica que existe una estrecha relación entre la acción --

del "Caldo bordelés" disminuyendo la actividad de la catalasa y aumentando la de la peroxidasa, la intensidad respiratoria y la fitotoxicidad del fungicida.

KOTETSOV y KOTSEV (1972) también encontraron que diversos fungicidas, del tipo de los ditiocarbámicos, inhibían la actividad de la catalasa y peroxidasa en hojas de manzanos.

NILOVA y GUSEVA (1973) indicaron que el zineb (3215) producían un incremento en la actividad de la enzima ascórbico-oxidasa en plantas de patatas, mientras que era disminuida como consecuencia del tratamiento foliar con pequeñas cantidades de Cu durante el brote de las yemas.

En contra de algunas comunicaciones anteriores, RAM y col. (1975) han encontrado que plántulas de judías tratadas con nabam (3213, 4311)--presentaban estimulada la actividad peroxidasa.

BULINSKI y KOT (1976) han encontrado que el dinocap (2912, 3424) produce una disminución en la actividad de las enzimas peroxidasa y catalasa en plantas de guisantes y que ésta aumenta al hacerlo la dosis del fungicida.

GERTIG Y SZAJKOWSKI (1981) han descrito que el dinocap (2912, --3424) altera la actividad de peroxidasa y catalasa en plantas de grosella, estando este efecto estrechamente ligado a la dosis del plaguicida. Efectos similares han sido también descritos por MATEEVA y col. (1978).

MAKOVSKAYA (1982) ha verificado que el zineb (3215) al 0,5% estimula la actividad de enzimas oxidativas como la ascorbato oxidasa y la polifenoloxidasa.

KALENICH y AL'SHEIKH (1979) hallaron que diversos fungicidas, entre los que se encuentran "Benlate" (benomilo, 3661) usado al 0,1%, --zineb (3215) al 0,4% y "Caldo bordelés" (sulfato de cobre, 3127) al 1%,--pueden afectar a las enzimas polifenoloxidasa y oxidasa ascórbica, en hojas de manzano, en forma diferente. Opinan estos autores que los incre--

mentos originados en estas enzimas garantizan la protección contra la -- "roña", mientras que la inhibición de las mismas, especialmente de la polifenoloxidasa, disminuye la resistencia de la planta a dicha enfermedad.

3.2.9.2.- Algunas alteraciones enzimáticas producidas por insecticidas

NILOV (1959) encontró que el protiofos (1495) aumenta el contenido de sustancias reductoras y de N no proteico en los tejidos vegetales, y que decrece la actividad de aquellos enzimas que contienen Cu. El autor indica que la inhibición enzimática es debido a un bloqueo en el metabolismo del Cu y que la aplicación de sales de Cu restaura la actividad de la oxidasa ácido ascórbica. En un trabajo posterior (NILOV, 1964), el -- mismo autor indica que la aplicación de algunos insecticidas organofosforados provocan una acumulación de ácido ascórbico en los tejidos, lo que tenía como causa la inhibición de la oxidasa ascórbica. Sin embargo, --- aquellos enzimas que contenían Fe en su estructura (catalasa, peroxidasa, citocromo oxidasa) no eran afectados.

Otras apreciaciones son debidas a DIRIMANOV y MATEEVA-RADEVA -- (1975a) quienes observaron que el menazon (1591) al 0,1%, aplicado sobre plantas de tomate en la fase de floración-fructificación, incrementaba la actividad foliar de la polifenoloxidas a y reducía la de la ascórbico -- oxidasa. Por otro lado, MATEEVA-RADEVA (1973) encontró que la aplicación foliar de menazon (1591) a plantas de tomate estimulaba la actividad de los enzimas catalasa y peroxidasa.

ROZEK (1978) manifiesta que los insecticidas organofosforados, - dimetoato (1553) y triclorfón (1473), aumentaban la actividad foliar de la peroxidasa en hojas de judías. La estimulación de la actividad enzimática estaba relacionada con la etapa vegetativa, encontrándose los valores más altos en la época de floración. Este mismo investigador (ROZEK, 1982) ha encontrado que el dimetoato (1553) inhibe claramente la actividad nitrato-reductasa, particularmente al inicio de la floración. Esta -

misma enzima resultaba inhibida en hojas de viña cuando se utilizaba -- "Metasystos" (metil-oxidemetón, 1521) en concentraciones superiores al -- 0,08% (PRASAD y col., 1980).

ADZHEMYAN (1972) describe alteraciones en la actividad de la -- amilasa, detectadas en hojas de vid, producidas por la aplicación de -- triclorfón (1473) y/o de dimetoato (1553).

Variaciones en la actividad de las enzimas peroxida y polifenoloxidasas fueron encontrados por MATSUTSINA (1974) en hojas de remolacha azucarera tratadas con los insecticidas triclorfón (1473) y metil-paratión (1426), por BELYAEVA y LUKPANOV (1971) al tratar plantas de pepi-- nos con "Carbofos" (malatión, 1453) y "Phosphamide" (dimetoato, 1553), -- y por BLAGONRAVOVA y NILOV (1976), para diversos insecticidas, en plan-- tas de rábano.

3.2.9.3.- Consideraciones a la alteración enzimática

Como ya se indicó en el último epígrafe del capítulo precedente, la actividad de uno o varios enzimas puede reflejar la carencia o el no aprovechamiento de un determinado elemento nutritivo. Hemos visto que -- son diversos los tratamientos pesticidas --incluso algunos productos de los denominados no sistémicos-- capaces de alterar la actividad de algu-- nos fermentos. Algunos autores ya citados, como es el caso de NILOV --- (1959, 1964), opinan que determinados pesticidas pueden bloquear algunos oligoelementos y ello traducirse en una distorsión enzimática. Puede sur-- gir un nexo de unión entre alteraciones nutritivas minerales u orgáni-- cas, propiamente dichas, ocasionadas por los tratamientos fitosanitarios y una profunda distorsión metabólica a nivel bioquímico que, según pare-- ce, sólo es mantenida, creída e investigada por un reducido grupo de in-- vestigadores, grupo que parece ser muy reducido cuando nos circunscribi-- mos al mundo occidental.

Sería, por tanto, conveniente abordar las implicaciones metabólicas de la acción del pesticida sobre el vegetal bajo una óptica unificadora, abordando unitariamente todas las modificaciones originadas por un producto e intentando concatenarlas (nutrición mineral, compuestos orgánicos, enzimáticos, respiración, fotosíntesis, crecimiento, etc..De esta manera podría aclararse si los cambios enzimáticos son un mecanismo de defensa directa de la planta contra los pesticidas agregados a ella, como opina MATSUTSINA (1974), o un efecto indirecto provocado por una acción más primaria del pesticida.

Por otro lado, es interesante abordar el tema intentando comprobar que si, tal y como opina KUC (1982), las plantas son capaces de desarrollar mecanismos de inmunización frente a patógenos, serían capaces también de hacerlo frente a xenobióticos a través de la vía enzimática.

3.3.- Alteraciones ocasionadas en la nutrición mineral de las plantas - por la aplicación de productos plaguicidas: antecedentes bibliográficos.

Este apartado constituye la revisión bibliográfica, propiamente dicha, y con carácter monográfico a la parte experimental de esta memoria.

Se ha realizado una minuciosa revisión de la literatura científica relacionada con el tema a lo largo del periodo comprendido entre 1955-1984. Sólo hacemos referencia a aquellos productos fitosanitarios utilizados con fines fungicidas e insecticidas, o, excepcionalmente a algún otro que pueda estar estrechamente relacionado. Hemos atendido, fundamentalmente, a aquellas comunicaciones que aplicaban productos fitofarmacéuticos de la naturaleza indicada por vía foliar. No citamos, aunque poseemos bibliografía al respecto los efectos originados por productos herbicidas.

Con objeto de sistematizar la exposición bibliográfica, hemos -

realizado -y así lo presentamos- la siguiente clasificación de especies vegetales cultivables:

a) Ciruelo y cerezo. Le hemos dedicado un apartado independiente debido a que son nuestros cultivos experimentales.

b) Otros frutales

c) Otras especies arbóreas y arbustivas

d) Vid

e) Cultivos hortícolas: Todas las plantas comestibles que se -- cultivan en huertas, a excepción de árboles frutales.

f) Cereales.

g) Plantas herbáceas: Se incluyen aquellas plantas de porte herbáceo que normalmente se cultivan en grandes extensiones y que no son -- destinadas al sustento humano, al menos de una forma directa.

En la casi totalidad de los apartados que anteceden se considera, a su vez, un subapartado para productos fungicidas y otro para insecticidas. Cuando la claridad de la exposición o el número de citas así lo requería se han considerado subagrupaciones dentro de los subapartados.

Hemos procurado citar, siempre que ha sido posible, el nombre -- comercial de la sustancia utilizada; en todo caso, siempre citamos el -- nombre común de la materia activa y el código de referencia que ésta -- tiene asignado por MARTINEZ-CANO MANUEL y col. (1978) en la "Guía de -- Productos Fitosanitarios 78" del Ministerio de Agricultura, que constituye la información oficial acerca de los plaguicidas cuyo uso estaba -- autorizado en España en Diciembre de 1977, y que hemos adoptado como -- obra de referencia en cuanto a denominaciones. La información que hemos considerado oportuno ofrecer a este respecto se detalla en el capítulo dedicado a Material y Métodos.

En alguna ocasión nos ha sido imposible localizar el nombre común de la materia activa a partir del nombre comercial del pesticida. En ese caso no hemos utilizado la información. Las pocas veces que esto se produjo fué en trabajos originarios de países del Este.

En determinados casos, a lo largo de esta revisión, no nos limitamos a dar escuetamente la cita bibliográfica y/o algunas características de la misma, sino que, por el contrario, abundamos en detalles e incluso, a veces, los comentamos. A ello nos ha inducido la creencia de que esos trabajos son realmente importantes en el tema abordado, al que, como dejamos ver repetidas veces, no se le ha dado la importancia adecuada y, por tanto, pueden constituir una base de sustentación o referencia en esta línea de trabajo con vistas a posibles discusiones de los efectos observados.

3.3.1.- Ciruelo y Cerezo

Las únicas citas encontradas en toda la bibliografía revisada que hagan de alguna manera -más o menos directa- alusión al tema objeto de nuestro estudio ha sido:

PLOTNIKOVA (1974), quien al tratar árboles de cerezo con "Caldo - bordelés" (Sulfato de Cobre, 3127), al 1% o con oxicloruro de Cu (3123) - al 0,4% encuentra fuertemente incrementado el contenido foliar de Cu. Así mismo, cuando realiza una aplicación foliar de zineb (3215) al 0,4% halla aumentado el Zn foliar.

En un contexto diferente -pero no por ello fuera de sitio- cabe citar los trabajos de:

BARATOV (1978) quien al tratar ciruelos con los productos "Acri--cid" (binapacril, 2911, 3421), "Clorofos" (triclorfón, 1473, 4228) y "Rogor" (dimetoato, 1553) encontró que influenciaban el contenido de elementos traza de las frutas. El primero de los productos citados incrementaba

el Fe, Mo, y Ni; por el contrario, "Clorofos" (triclorfon, 1473, 4228) y "Rogor" (dimetoato, 1553) disminuían el contenido en Fe, Mo, Al, Ti y Ni,

VERESHGHAGINA y KISKIN (1956) quienes como consecuencia de -- tratar ciruelos con algunas combinaciones de plaguicidas observaron -- abundantes infestaciones de arácnidos y disminución de azúcares en fru -- tos.

3.3.2.- Otros frutales

3.3.2.1.- Fungicidas

3.3.2.1.1.- Fungicidas tiocarbámicos

En las dos últimas décadas se ha extendido bastante el uso de -- este tipo de fungicidas, no solamente en función de sus propiedades an -- ticriptogámicas, sino también como una forma de luchar contra las caren -- cias de Zn, Mn y Fe, que son los metales que más usualmente forman par -- te de estos compuestos. BEYERS (1964) demostró que los síntomas de defi -- ciencia en Zn y Mn que presentaban determinados manzanos eran aliviados mediante el uso de fungicidas que contuvieran esos metales.

ROSS y col. (1970) investigaron las repercusiones de estos fungi -- cidas sobre el desarrollo de manzanos y obtuvieron una mejoría en la co -- secha que fue asociada a un incremento del Zn foliar. En las dos varie -- dades de árboles estudiados -McIntosh y Cortland- el contenido foliar -- en Zn pasó a ser de 9,4 y 10,4 en los testigos, a 63,0 y 87,0 mg/Kg en árboles tratados, respectivamente.

MASON y col. (1972) ensayaron un compuesto denominado "Tricarba -- mix Zn", mezcla de dimetilditiocarbamatos conteniendo Zn, Fe y Mn, (45% -- ziram (3225); 15% Ferbam (3222); 15% Maneb (3212)) como un medio de -- aplicación foliar de estos tres micronutrientes. El experimento fué -- llevado a cabo sobre tres variedades de manzanos: McIntosh, Spartan y -- Red Delicious. Sus resultados ponen de manifiesto: Primero, la existen --

cia de un incremento foliar de los árboles tratados en los tres oligo--elementos estudiados a excepción del Mn en la variedad "Red Delicious"; segundo, apreciables diferencias -para cada variedad- en el aumento experimentado por cada elemento estudiado y, tercero, que, anulando el -efecto de variedades, se obtiene que la subida en el contenido foliar -es significativo en los tres casos. La mayor diferencia obtenida es para el Zn (400%), aumentando el Mn y el Fe en, aproximadamente, un 13%. Este hecho es explicado por los autores indicando que el "Tricarbamix - Zn" tiene una concentración en Zn tres veces superior a la de los otros elementos.

ROSS y WEBSTER (1976) ensayaron el efecto de algunos fungicidas tiocarbámicos: "Polyram 80N" (metiram (3252)), "Dithane Z 78" (zineb -- (3215)) y "Dikar 80 W" ((6% dinocap (2912, 3424) + 74% mancozeb (3211)) frente a otros, tales como "Berlate 50W" (benomilo (3661) y "Captan 50W" captan (3522)). Los resultados muestran una notable elevación en el contenido foliar de Zn consecuente a la aplicación de metiram (3252), zineb(3215) y "Dikar 80W", que son los que contienen este elemento. El último de estos tres fungicidas contiene también Mn, encontrándose, asimismo, un notable incremento de este elemento en las hojas de los manzanos que recibieron el producto. Aparte de los dos elementos indicados, los autores analizaron el contenido foliar para los elementos N, P, K, Mg, -Ca y Cu, no encontrando ninguna variación significativa para ninguno de ellos. Creemos interesante señalar que los autores de este trabajo no -llevaron ningún "blanco" a lo largo de la experiencia y que, por tanto, la comparación de contenidos se realiza siempre entre muestras que han recibido algún tratamiento fungicida. De otro lado, ellos mismos indican la existencia de anteriores trabajos (GARMAN y col., 1953; HILBORN y --col., 1958) que ponen de manifiesto el hecho de que diversos pesticidas afectan el contenido mineral de las hojas de manzano. PETERSONS y SPO--LITIS (1972) indican que tratando diversas variedades de manzanos con -soluciones de "ziram" (3225) al 4% en el mes de septiembre se reduce el contenido foliar de N.

CHABOUSSOU (1980) indica que del documento elaborado por el grupo internacional I.O.B.C. relativo a la defensa de huertos contra plagas, en la reunión de Bolonia de 1972, se desprende la importancia que los tratamientos fungicidas a base de "Tuzet", (urbacida 3224), metiram (3252) y mancoceb (3211) tienen sobre el ulterior desarrollo de determinadas enfermedades.

Muchos de estos tratamientos fungicidas elevan el contenido en N total. Esta cita parece contradecir la anterior, sin embargo es preciso señalar que el fungicida no es el mismo formulado, qué las épocas de aplicación varían y, en tercer lugar, que PETERSON y SPOLITIS (1972) no especifican el tipo de N.

BORODULINA y FURSENKO (1965) indican que, a una dosis de 500 l/Ha, el zineb (3215) incrementaba los contenidos de N - total, N-proteico y de azúcares en hojas de manzano.

SMITH (1966b) encontró que una simple pulverización con zineb - (3215) al 65%, a razón de 1 lb/100 gal. de agua, incrementa el Zn foliar en naranjos desde 26 a 54 mg/Kg; además, comprobó que este incremento no se daba en las zonas de ulterior crecimiento, es decir, no había traslocación del elemento.

ILEY y FISKELL (1964) cultivaron plántulas de "Citrus" en determinadas soluciones nutritivas a las que añadieron diversas cantidades de zineb (3215), observando que este producto originaba un incremento en Zn en la planta y una disminución de Cu; este efecto -indican los autores- no es debido a un reemplazamiento del metal.

GROSCLAUDE (1969) demostró que el ziram (3225) era un producto -capaz de reproducir la denominada "necrosis invernal" del melocotonero. Los estudios realizados pusieron de manifiesto que el contenido en N - tanto la fracción soluble como la insoluble- estaba alterado en aquellos árboles que habían sido tratados con dicho producto.

3.3.2.1.2.- Compuestos de cobre

PETERSON y SPOLITIS (1972) obtienen, igual que en el caso del - "ziram (3225), una reducción en el contenido foliar de N en plántulas - de manzano cuando son tratada con oxicloruro de cobre (3123, 7610); sin embargo, BUSHONG y col. (1964) indican que el tratamiento de manzanos - enanos, variedad "Jonathan", con "Caldo bordelés" (sulfato de cobre, -- 3127, 7510) no produce alteración alguna en el contenido foliar del mencionado elemento.

Es interesante mencionar el trabajo de ARMAN y WAIN (1960) en - cuanto nos puede aportar alguna luz para comprender -o al menos para no rechazar- las frecuentes contradicciones que se recogen en la bibliografa. Estos investigadores comprobaron -en manzanos- que la capacidad -- que poseen las hojas para absorber Cu no es siempre la misma y que tienen un máximo hacia julio o agosto. Además, indican que las hojas se - muestran más susceptibles a ser dañadas por pulverizaciones cúpricas hacia el otoño; pero en esta época la absorción es baja, por ello -opinan los autores citados- el nivel de absorción no es el único factor causante del daño producido por las pulverizaciones.

TKACHEV (1970) indica que los tratamientos de manzanos durante la floración con "Caldo bordelés" (sulfato de cobre, 3127, 7510) al 1% causan un apreciable incremento de cobre en el contenido de las hojas. Después de 2 y 4 tratamientos, el contenido foliar pasó a ser de 68 y - 178 mg/Kg, respectivamente.

BEHLEN (1965) estudió algunos aspectos relacionados con la sensibilidad de las hojas de manzanos hacia las aspersiones cúpricas. Estableció que el tamaño de las partículas poseían una notable influencia - acerca del daño causado y que aquéllas no originaban perjuicio cuando - sus dimensiones estaban comprendidas entre 15 y 95 micras. Por otro la-

do, cuando la absorción foliar es rápida existe una mayor posibilidad de que sean dañadas.

3.3.2.2.- Insecticidas

Tal y como ya hemos indicado, los resultados acerca de la influencia de los pesticidas sobre la nutrición de la planta son altamente contradictorios. Las causas son múltiples: diferentes tipos de productos, distintas formulaciones, distintas concentraciones y técnicas de aplicación, diferentes épocas de muestreo, distintas especies vegetales y, por fin, distintos estados fenológicos de aplicación-

3.3.2.2.1.-Insecticidas organofosforados

ZELENA (1977) ha estudiado la influencia que ejercen el "Metation E 50" (fenitrotión, 1424) y el "Fosfotión 50" (malatión, 1453) sobre el contenido en N total y aminoácidos libres a lo largo de 6 días en hojas jóvenes y maduras de plántulas de manzanos. Las plántulas fueron bañadas durante 20 segundos, unas en solución al 0,1% de "Metation E 50" (fenitrotión, 1424), y otras, en solución al 0,1% de "Fosfotión 50" (malatión, 1453). Los dos insecticidas estudiados influyen sobre el contenido de N y de aminoácidos, siendo el "Fosfotión 50" (malatión, 1453) el que lo hace en mayor grado. Este pesticida incrementa el contenido de N en todos los tipos de hojas estudiadas, mientras que el "Metatión E 50" (fenitrotión, 1424) sólo lo hace -significativamente- en aquellas que se encontraban al final de la fase de crecimiento en la fecha del tratamiento.

El "Fosfotión 50" (malatión, 1453) fue -tanto en hojas jóvenes como en maduras- más efectivo que el "Metatión E 50" (fenitrotión, 1424) en aumentar los niveles de aminoácidos. La asparraguina fue el aminoácido que sufrió un mayor incremento como resultado de los tratamientos insecticidas, siendo éste más acusado en las hojas maduras. "Metatión E 50" (fenitrotión, 1424) y el "Fosfotión 50" (malatión, 1453) incrementaron el nivel de la asparraguina en un 32 y un 182%, respectivamente.

LOBZHANIDZE (1977) ha estudiado el efecto de algunos pesticidas sobre el metabolismo del N y de los hidratos de carbono en las hojas de árboles de manzano. No hemos podido constatar ni las dosis empleadas ni el momento en que se realizó el tratamiento; las incidencias registradas son las siguientes: el insecticida "Gardona" (tetraclorvinfos, 1414) decrece el contenido foliar del N total y proteico, así como el total de azúcares y de monosacáridos. Por el contrario, el "DDVP" (diclorvos, 1412) y el "Metathión" (fenitrotión, 1424) elevan el contenido de las sustancias citadas. Este autor indica que existe una estrecha relación entre el incremento de las sustancias enunciadas y el aumento en la infestación de arácnidos subsiguiente a la utilización de los productos que provocan el alza en N y azúcares.

ADZHEMYAN (1980) indica que la aplicación de fosalon (1466) al 0,2% aumenta el contenido de aminoácidos libres en hojas de manzano a lo largo de los 6 días siguientes a la aplicación. Con "Gardona" (tetraclorvinfos, 1414) obtiene un efecto similar durante los tres días siguientes.

KAMAL y WOODBRIDGE (1960) estudiaron la acción de diversos insecticidas sobre distintas fracciones nitrogenadas en perales de la variedad "Bartlett". Los insecticidas organofosforados estudiados fueron: paratión (1434), malatión (1453) y "Systox" (protiofos, 1495) aplicados a las concentraciones indicadas para árboles frutales en el estado de Washington. Los tres insecticidas incrementaron los contenidos foliares de N-total y N-proteico.

LEKVEISHVILI (1975) indicó que, a las concentraciones recomendadas, el "Carbofos" (malatión, 1453) y el "Bi-58" (dimetoato, 1553) incrementan ligeramente los niveles de aminoácidos libres en las hojas de cítricos.

3.3.2.2.2.- Otros insecticidas

LOBZHANIDZE (1977) encontró que el "Sevin" (carbaril, 1611) - aumentaba los niveles de N (total y proteíco) y de azúcares en hojas de manzanos. Por el contrario, KOUPIL (1975), estudiando la influencia del mismo insecticida sobre manzanos de la variedad Ontario, no encontró -- ningún cambio en el contenido de N al ser tratados con una solución al 0,05% del producto; tampoco ofrecieron cambios significativos los contenidos de P, K, Ca y Mg, elementos que también fueron estudiados. Sin embargo, cuando el "Sevin" (carbaril, 1611) iba unido con urea al 0,5% -- producía una disminución foliar de K.

WEDDING y RIEHL (1958) determinaron la influencia que el aceite de petróleo (1111) ejercía sobre la translocación de fósforo en plantas de citrus. El aceite utilizado contenía un 1,6% de hidrocarburos aromáticos, 51,4% de nafténicos y 47% de parafínicos, agregándole, antes de su utilización una solución emulgente adecuada. La aplicación se realizó directamente sobre las hojas, 30, 7 y 2 días antes de que fuera -- puesto a disposición del cultivo P^{32} . Pasadas 72 horas se procedió a la toma de muestra. Los resultados obtenidos mostraron que el aceite de petróleo (1111) usado para controlar los insectos sobre cítricos, inhibía la translocación hacia las hojas de fósforo radioactivo. El porcentaje de inhibición era proporcional al logaritmo de la cantidad de aceite depositado por unidad de área de la hoja. El transporte de fósforo fué inhibido tanto si el P^{32} era aplicado sobre el tallo de la planta -- como si era absorbido por la raíz.

BOGDARINA y ZAZERINA (1961) analizaron el efecto que varias dosis de insecticidas organoclorados, entre ellos DDT (1331), ejercen sobre la asimilación de P^{32} en varios tipos de vegetales, entre ellos, -- manzanos. Parece ser que a dosis pequeñas se incrementa la absorción -- del P^{32} y que ésta decrece al aumentar la dosis. Cuando la dosis de pesticida suministrada llega a tener carácter de fitotoxicidad se suprime

la absorción de P^{32} durante un largo periodo de tiempo. Al usar dosis - adecuadas de insecticidas combinadas con fósforo, se incrementa la absorción de N.

KAMAL y WOODBRIDGE (1960), además de los productos organofosforados ya citados, estudiaron la acción del D D T (1331), aceite de petróleo (1111) y pelisulfuro de cal (1212) sobre perales de la variedad "Bartlett".

El polisulfuro de cal (1212) y el aceite de petróleo (1111), -- cuando se aplican por separado, no ejercen acción alguna sobre los contenidos de N -total y N- proteico; sin embargo, cuando se aplican conjuntamente las fracciones citadas sufren un incremento significativo. Si consideramos los resultados en su conjunto, el D D T (1331) incrementa el N total y el N-proteico a niveles altamente significativos; sobre el resto de las fracciones estudiadas no posee un efecto nítido.

3.3.2.2.3.- Acaricidas específicos

BLAGONRAVOVA y NILOV (1973) estudiaron los efectos de diversos - insecticidas -acaricidas sobre el fósforo contenido en las hojas de manzanos. Los árboles fueron tratados 5 veces a intervalos de 16 - 19 días con diversos productos: fosalon (1466) y "Benzofosfato" (un producto de fabricación soviética similar al anterior) pulverizados en soluciones al 0,2%, decrecen los niveles de fosfatos en las hojas. "Galecron" (clordimeform, 2922) y "Keltane" (dicofol, 2213) pulverizados en solución al 0,2%, no ejercen ningún tipo de efecto. "Neorón" (bromopropilato, 2221) y "Milbex" (mezcla de clorfenetol, 2212, y clorfensulfide, 2341) a concentraciones de 0,1 y 0,15%, respectivamente, incrementan un poco los niveles de fosfatos en las hojas. Estas preparaciones no ejercen efecto alguno sobre la calidad de los frutos.

BLANGORAVOVA (1973), trabajo que también ha sido comentado por CHABOUSSOU (1977) con objeto de intentar relacionar los resultados con

el posterior desarrollo de ácaros en muestras tratadas, estudia la repercusión de diversos acaricidas sobre los contenidos en N-proteico y N- no proteico en las hojas de manzano, variedad "Reinette Simirenko". Los acaricidas utilizados fueron los seis enumerados en la cita anterior. Realizaron seis muestreos comprendidos entre el 5 de junio y el 24 de septiembre; siendo tratados los testigos con agua. En función de la naturaleza del producto utilizado y de la fecha en que se obtuvo la muestra, se registraron importantes variaciones en el contenido foliar de N con relación a los testigos. En general y eliminando los tratamientos se puede apreciar un incremento a lo largo del tiempo de N-no proteico y una disminución en el N - proteico, lo que evidencia un aumento de la proteolisis a medida que avanza el verano. Por otra parte, "Keltane" (dicofol, - 2213); fosalon (1466) y "Milbex" (clorfenetol, 2212, y clorfensulfide, - 2341) producen un aumento en N - proteico y una disminución en el N - no proteico, aunque este último para el primero y el tercero de los productos citados, se incrementa con relación a los testigos a partir de la mitad de agosto. "Galecron" (clordimeform, 2922) produce, por el contrario, una neta disminución en el contenido de N - proteico y un sensible aumento en el N - no proteico.

3.3.3.- Otras especies arbóreas

VOIGHT (1954) observó, mediante experimentos de invernadero, que algunos plaguicidas, entre ellos el HCH (1341), inhibían la absorción de fósforo y disminuían el desarrollo de las plántulas de "Pinus radiata". Determinaciones sobre absorción de O_2 y contenido de P en las puntas de las raíces mostraron que la reducción en la acumulación de P en el tejido iba acompañada por un decrecimiento en el consumo de O_2 .

SHARASHIDZE y BAKANIDZE (1975) indican que siete días después de pulverizar plantas de té con soluciones al 0,2% de "Carbofos" (malatión, 1453), "DDVP" (maled, 1413) y fosalon (1466), aunque se registra--

ron algunos cambios fisiológicos, en lo referente a nutrición se observó que ninguno de los insecticidas afectó el contenido de N total.

Los tratamientos intensivos y sistemáticos con fungicidas conteniendo Cu pueden llegar a ocasionar serios problemas a los cultivos debido a la acumulación de este elemento en el suelo, y ello parece agravarse cuando el pH del medio es ácido. Este tema ha sido abordado en varios cultivos por diversos autores, pero no profundizamos en él porque no se ciñe estrictamente al enfoque del presente trabajo. Nosotros buscamos -- cambios nutritivos originados por la aplicación foliar de compuestos a base de Cu y no problemas nutritivos ocasionados por altas concentraciones de Cu en el medio de cultivo, aunque este hecho sea una consecuencia de aquél. Problemas de este tipo han sido recogidos en el apartado 2.5.2.9.4) del anterior capítulo y tratado entre otros autores --ya sea en campo, invernadero o cultivos hidropónicos-- por SPENCER (1966), STRUCKMEYER y col. (1969), CASTILLO y PARRA (1959), NAG RAJ y GEORGE (1960) y ADUAYI (1971, 1972a), así como por ALEXANDER (1961), KO y HORA (1971) y SANDHU y MORAGHAN (1972) en lo que se refiere a la microbiología del suelo.

ADUAYI (1972b) estudió el efecto que tenía el tratar dos veces -- por semana, durante un mes, plántulas de café con varias concentraciones de óxido cuproso (3215, 7610) (a concentraciones de 0, 0,25, 0,50, 0,75%) sobre el crecimiento y el contenido mineral nutritivo de las mismas. Observó que aquellas que fueron tratadas con mayores concentraciones presentaban un crecimiento más vigoroso y un mejor aspecto que las demás. -- En lo que se refiere a la nutrición mineral constató que el tratamiento con óxido cuproso (3215, 7610) al 0,25% no produce diferencia alguna en ninguno de los siete elementos estudiados (N, P, K, Ca, Mg, Cu, Zn) y -- por otra parte, que cuando la concentración del producto aplicado es del 0,50% se produce un incremento foliar para Mg, Zn y Cu. El tratamiento -- con la mayor concentración de óxido cuproso (3215, 7510) produjo un incremento significativo en P, K, Ca, Mg, Cu y Zn en las hojas de las plan

tas, obteniendo, asimismo, un incremento de cosecha y una mayor superficie foliar. Se indica que, en general, los tratamientos foliares con Cu promueven el crecimiento independientemente del control de la enfermedad, siendo posible que estos efectos se deban a las acciones catalíticas que los iones de Cu realicen sobre determinados enzimas en el interior de la planta.

En una comunicación posterior, ADUAYI (1975) vuelve a repetir el experimento, pero esta vez en pleno campo con árboles maduros tratados con óxido cuproso (3215, 7610) concentraciones de 0, 0,5, 1,0, y -- 1,5%.

Las aplicaciones de Cu comenzaron en febrero de 1970 y se realizaron a intervalos de tres semanas durante dos años, suministrando al rededor de 1,15 litros de la solución fungicida por cada árbol. Las muestras fueron tomadas en febrero de 1972. Los árboles recibieron una fertilización que consistió en 100 Kg/Ha de N como sulfato y nitrato amónico, y 60 Kg/Ha de P en forma de superfosfato, y el suelo fué "empajado" para asegurar un crecimiento normal.

Se observó que la dosis más alta produjo un aumento del pH, N, Ca, materia orgánica y Cu en el suelo y una disminución en P. Respecto al contenido foliar, se observó que a medida que aumentaba la concentración de Cu en las soluciones de tratamiento también lo hacían las concentraciones de los elementos N, P, K, Ca, Mg y Cu, disminuyendo la de Fe en las hojas. En el grano aumentó la concentración de N, K, y Cu, -- pero sin efecto significativo sobre la calidad del mismo.

ADUAYI (1976) estudió la composición del suelo y de las hojas de cafetos situados en parcelas que habían sido tratados con diversos fungicidas a base de Cu durante varios años. Encontró que el P disponible en el suelo era bajo y que los niveles de Ca, Mg y Cu fueron altos en los suelos de las parcelas que habían recibido el tratamiento. Los niveles foliares de N, P y Mg, tanto en hojas de plantas tratadas como de

las no tratadas, parecen ser adecuados para un normal crecimiento aunque K y Ca daban altos contenidos en árboles tratados y los de Cu fueron extremadamente altos. Indica el autor que no se apreciaron síntomas de toxicidad por Cu y que el crecimiento de las plantas se realizaba de forma normal a pesar del incremento de Cu en el suelo, lo que, en su opinión, puede ser debido a las grandes cantidades de fertilizantes --- aplicados regularmente.

Por el contrario, BONILLA (1980), estudiando el efecto de fungicidas tales como "Cobox" (fungicida a base de Cu, a 4 Kg/ha), "Ditane M-45" (mancozeb, 3211) a 4 Kg/ha y "Bayleton" (triadimefon, 3581) a 1 - 1 Kg/ha, utilizados normalmente en árboles de café, no encontró alteración en el contenido foliar de N, P, K, Ca, Mn y Fe en aquellos árboles que fueron tratados con cualquiera de estos productos. Sin embargo, "Ditane M-45" (mancozeb, 3211) y "Cobox" incrementaron los niveles de Mn y Zn, y de Cu, respectivamente, debido al contenido que en estos elementos poseen dichos fungicidas.

3.3.4.- Vid

3.3.4.1.- Fungicidas

CHABOUSSOU (1980) indica que, en ensayos realizados sobre viñas (cepas Semillón y Sauvignon), el "Caldo bordelés" (sulfato de Cobre, -- 3127) produce una disminución en el contenido foliar de las fracciones nitrogenadas amínicas y amídicas, así como de los glúcidos solubles totales. PINON (1977) también encontró que los contenidos en N-total y soluble son inferiores en aquellas plantas que fueron tratados con "Caldo bordelés" (sulfato de Cobre, 3127). CHABOUSSOU (1980) opina que el Cu ejerce una acción en favor de la proteosíntesis actuando sobre la acción de enzimas, tales como la polifenoloxidasas.

CHABOUSSOU (1967, 1970) comprobó que algunos fungicidas tiocarbámicos, tales como zineb (3215), propineb (3214) y maneb (3212),-

enriquecían en N los tejidos foliares de la viña (cepas: Carbenet-Sauvignon), siendo el maneb (3212) el que lo hacia de una manera más intensa, llegando a producir un aumento del 28% respecto a los testigos. Este hecho es -de acuerdo con el investigador citado- el principal responsable de los ataques de "oidium" registrados con posterioridad a la aplicación de los fungicidas.

En contraposición a esto, nos encontramos con la cita de NAKOV y BRAIKOV (1974) quienes afirman que los fungicidas "Caldo bordelés" - (sulfato de Cobre, 3127), zineb (3215) y "Crupozin" (mezcla de oxicloruro de Cobre (3123) y zineb - 3215)) no afectaron el contenido proteico ni a los azúcares, así como tampoco al K ni P de las plantas.

Ante todo, es necesario volver a insistir en que las dosis y fechas en que se realizan los tratamientos tienen una gran importancia -- respecto a las repercusiones de los plaguicidas sobre la bioquímica y fisiología de los cultivos tratados.

3.3.4.2.- Insecticidas

A lo largo de varios años de experimentación en pleno campo, -- CHABOUSSOU (1964, 1969) ha estudiado la repercusión que sobre la fisiología de la viña ejercen diversos insecticidas utilizados contra "Eudomis". Comentaremos las acciones que sobre el estado nutritivo mineral de la planta ejercieron los siguientes productos. DDT (1331), Carbaril (1611), paratión(1434), diazinón (1442), mevinfos (1561) y Carbofeno---
tión (1461). Los experimentos se llevaron a cabo durante los años 1960 a 1962 sobre cepas "Merlau rouge" el primer año, "Cabernet-Sauvignon" -- el segundo y "Merlau blanc" el tercero. Los tratamientos -tres anuales, en algunos casos- se realizaron en las fechas establecidas para la lucha contra "Eudomis", siendo desde finales de mayo hasta finales de --- agosto. Los elementos analizados fueron: N total, Np (fracción proteica), K, Ca y Mg. Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

- Durante el primer año de experiencias, el tratamiento inicial se realizó el 24 de mayo y el muestreo 21 días más tarde. Las muestras - tratadas con D D T (1331) daban contenidos más altos en N - total y N - insoluble (proteico) que los correspondientes testigos; asimismo, se obtuvo un incremento en K y una disminución en Ca y Mg, todos ellos significativos.

El segundo tratamiento se llevó a cabo el 6 de julio y la toma de muestra se efectuó pasados 61 días. Igual que antes, el D D T (1331) produjo un aumento significativo en las dos determinaciones de nitrógeno (N-total y N-proteico); en este caso las variaciones catiónicas experimentadas fueron similares a las anteriores, pero sin llegar a ser significativas.

Otra repercusión significativa fue la disminución del nivel de Ca por la acción de mevinfos (1561) y del carbaril (1611); estos dos mismos productos aumentaron los contenidos en Mg y K, pero no de forma significativa.

- En los tratamientos realizados a lo largo del año 1961 no hubo efectos significativos. Pero, como compendio del mismo, merece destacarse que todos los productos fitosanitarios empleados - D D T (1331), - paratión (1434), mevinfos (1561) y carbaril (1611) - produjeron un aumento foliar de K y una disminución correlativa de Ca.

- En 1962 se realizó un solo tratamiento el 5 de junio y el muestreo se efectuó el 14 del mismo mes. Los resultados obtenidos fueron: a) El carbaril(1611) produjo un aumento de K y una disminución de Ca; b) El paratión (1434) y carbofenotión (1461) aumentaron el Mg (sin embargo, en datos relativos al siguiente año, paratión (1434) se comporta elevando K y disminuyendo Ca y Mg- y el paratión (1434) diazinón (1442) y carbofenotión (1461) producen aumento de P.

CHABOUSSOU (1964) destacan el hecho de que un mismo producto -- puede dar resultados fluctuantes e incluso diametralmente opuestos, indi

cando que ello debe ser imputado al estado inicial de la planta que, naturalmente, ha de ser distinto. Destaca la influencia que sobre los tres grandes cationes básicos -K, Ca y Mg- y en particular sobre la razón K/Ca -junto con el N- parecen ejercer determinados productos insecticidas.

3.3.5.- Cultivos hortícolas

Bajo esta denominación incluimos legumbres y, por extensión, -todas aquellas plantas que se cultivan bajo las características de la - que usualmente se entiende por huerta, a excepción de los árboles frutales y legumbres arbóreas.

En las leguminosas se pueden producir una acción indirecta de los pesticidas por interacción de los mismos sobre las nodulaciones (o los microorganismos de los mismos) y, por tanto, sobre la absorción de nitrógeno atmosférico. Los aspectos referentes a la repercusión de - productos fitosanitarios sobre la actividad de estos microorganismos no han sido objeto de atención por nuestra parte.

3.3.5.1.- Fungicidas

3.3.5.1.1.- Fungicidas orgánicos

PARRA (1980) ha estudiado la incidencias del maneb (3212) en - las evaluaciones de bioelementos en las hojas de plantas de pimientos. Las características del experimento se dan en un trabajo anterior. (PARRA y col., 1977), del cual entresacamos que realizaron 9 tratamientos a base de maneb (3212) a la dosis de 0,2% desde junio a octubre, a lo - largo de 137 días y, por otra parte, llevaron a cabo un calendario de - abonado a base de nitrato amónico, sulfato ferroso, sulfato potásico, - superfosfato cálcico y materia orgánica.

Los elementos estudiados en esta comunicación son: P, K, Na, - Ca, Mg y Fe. De los resultados obtenidos sobresalen algunos hechos in-

teresantes:

- A lo largo de los cinco meses en los que se desarrolló la experiencia se observa, como norma general y de una forma totalmente nítida, un aumento en el contenido de P y una disminución de Fe para muestras tratadas, mostrándose un claro antagonismo entre dichos elementos.

- Parece haber un menor contenido global de Ca en aquellas muestras que recibieron los tratamientos fungicidas. K y Mg presentan un comportamiento variable, mientras que el Na parece incrementarse por el tratamiento.

DEL RE y col. (1969) analizaron el efecto del Zn (aplicado como sulfato o como zineb (3215) y del D M S O (dimetil sulfoxido, sustancia empleada como vehículo del fungicida) sobre el metabolismo proteico de plántulas de tomate crecidas en arena bajo subcarencia de Zn. Las dosis empleadas fueron del 0,11 y 0,13%, para el sulfato de Zn y zineb (3215) respectivamente, calculadas para aplicar cantidades equivalentes de Zn. El "D M S O" se aplicó en solución acuosa al 0,2%.

Aunque, en general, están exentos de significación estadística, creemos interesante resaltar los resultados obtenidos -referidos únicamente a contenidos foliares y como resultados medios- al aplicar sulfato de Zn y zineb (3215) en solución acuosa a las concentraciones antes mencionadas:

- El contenido en Zn y Fe es sensiblemente similar, a excepción de Fe para la primera recogida que es sensiblemente más bajo en las muestras que recibieron el sulfato de Zn.

- El contenido en N total es superior en las muestras que recibieron zineb (3215), siendo, por el contrario, menor para éstas la cantidad de aminoácidos libres, particularmente prolina y cisteína.

Los autores indican que el D M S O, producto que se utiliza con el fin de facilitar la entrada del "zineb" (3215) en las plantas, -

manifiesta por sí mismo un determinado efecto sobre el metabolismo de las mismas, produciendo un aumento del peso total y una marcada disminución en el contenido radicular de P y K. Parece ejercer un efecto negativo sobre la concentración de glutamato, así como sobre la prolina (en raíz) y serina (en hojas). Se dice que el mecanismo de acción del D M S O, necesariamente indirecto y no realizado a través de S que contiene la molécula -ya que no se observa ninguna alteración en el contenido de aminoácidos azufrados- se manifiesta oscuro.

Por otro lado, BASARGIN y col. (1971) manifiestan que la aplicación de los fungicidas tiocarbámicos maneb (3212), ziram (3225) y zineb (3215), a diferentes concentraciones y mediante diferentes formas de aplicación sobre plantas de tomate y patata, no ejercieron actividad alguna sobre los contenidos de Mn, Cu, Zn y Mo.

COX y WINFREE (1957) estudiaron la acción del zineb (3215) en hojas de fresa. Encontraron que las hojas viejas de plantas tratadas -- contenían trece veces más Zn que las no tratadas y que esta cantidad -- era sólo cuatro veces mayor en las hojas jóvenes. De otra parte estudiaron el contenido en N - proteico y aunque no encontraron diferencias -- significativas, sí destacan el hecho de que esta fracción nitrogenada -- es menor en aquellas plantas que recibieron el tratamiento fungicida, -- emitiendo la hipótesis de que aplicaciones repetidas de este tipo de fungicidas puedan predisponer a ciertas plantas a determinadas enfermedades.

BULINSKI y col. (1975) indican que la aplicación de dinocap (3424 , 2912) sobre guisantes y mastuerzos en ensayos de campo (para la primera planta) a concentraciones de 10^{-3} M del producto, evidenciaron un incremento en N- total y N - NO_3^- azúcares y proteínas, así como en los niveles de Na y K. No se registraron cambios en Ca y solamente un pequeño aumento de P.

DEQUIDT y col. (1977) han publicado que tras la aplicación de



maneb (3212), se detectan altos contenidos de Mn en las raíces y tubérculos de zanahorias y rábanos.

DAVIS y col. (1976) estudiaron la influencia que algunos tratamientos fungicidas tenían sobre la "roña" de la patata y el contenido mineral de la planta. Encontraron que el "P C N B" (quintoceno 3412, -- 4321) disminuía el contenido de Ca en los peciolo de las hojas y en las pieles del tubérculo, disminuyendo también en éstas, el Mn.

Los análisis de los peciolo muestran que existe una alta correlación positiva entre el contenido de Ca y el ataque de la "roña" y negativa con el K, P y Mn. El decrecimiento de la enfermedad va ligado, por tanto, a la disminución en los niveles de Ca. Es interesante, el hecho de que los autores de este trabajo opinan que los diferentes niveles de Ca registrados se deben directamente a la acción de los tratamientos fungicidas y que no son el resultado de los diferentes grados de infección, lo que, indirectamente, significa que la enfermedad está basada en un soporte trófico.

Contrariamente a lo que acabamos de exponer, el benomilo (3661) incrementa el Ca foliar en habas (MCCLURG y BERGMAN, 1972).

ROZEK (1982a) ha estudiado el efecto de diversos fungicidas, entre ellos benomilo (3661) y captan (3552), sobre la actividad de la nitrato reductasa y sobre el contenido de NO_3^- en hojas de judías enanas. Las plantas fueron tratadas mediante pulverización directa en cuatro épocas distintas de su ciclo vital con dos concentraciones diferentes: Las dosis recomendada usualmente y otra cinco veces mayor. El experimento se realizó en invernadero. Los resultados obtenidos evidencian que la actividad de la enzima depende del tipo de producto aplicado, de su concentración y del estado fenológico en que se encuentra la planta. El benomilo (3661) fué el producto que más activamente -y sobre todo a la concentración más baja (0,1%)- incrementó la actividad de la nitrato-reductasa. El contenido foliar de NO_3^- resulta estar más influenciado -

por los fungicidas que la actividad de la enzima; en este caso, tanto - la benomilo (3661) como captan (3552) ejercen amplios efectos significa - tivos. A las dosis usuales, la concentración foliar de NO_3^- es fuertemen - te aumentada por ambas sustancias en las distintas épocas del tratamien - to. Las concentraciones más elevadas dan contenidos alternos con respec - to a las muestras testigo. En general, los cambios encontrados en los - dos parámetros estudiados son marcadamente diferentes.

3.3.5.1.2.- Fungicidas inorgánicos

GLADILOVICH y GUDKOVA (1971), después de diez días de haber -- tratado la parte aérea de plantas de patata con "Caldo bordelés" (sulfa - to de Cobre, (3127)), al 1%, con sulfato de Cobre (3127) al 0,2% o con oxicloruro de Cobre (3123) al 0,5% en el comienzo de la floración, ob - tienen altos contenidos de Cu foliar y también encuentran un sensible - aumento del mismo en los tubérculos, así como una disminución de almi -- dón y ácido ascórbico y un aumento proteico.

WALSH y col. (1972), aunque parten de un planteamiento distin - to al nuestro -ellos estudian la repercusión de distintas cantidades de compuestos de Cu aplicados al suelo sobre plantas de habas- han puesto - en evidencia que el contenido foliar de Cu depende de la cantidad y de la clase de producto adicionado, así como que se producen cambios signi - ficativos para los elementos K, Ca y Mg (decrecen) y Mn y Zn (aumentan).

POSPISILOVA y JANYSKA (1980) vieron la influencia que tenía el tratamiento con oxicloruro de Cu (3123, 7610) sobre algunos parámetros de nutrición mineral en plantas de apio. Así, mediante cultivos lleva - dos a cabo en invernadero, observaron, en análisis realizados sobre el limbo de las hojas tratadas, que el peso seco de las muestras disminuía ligeramente, la sílice sufría un notable aumento, el contenido en Cu -- aumentaba entre 50 y 100 veces, que el Zn aumentaba y el Fe disminuía.

ROZEK (1982a) también estudió la acción del fungicida "Miedzian" (oxicloruro de Cu, 3123) sobre la nitrato-reductasa y el contenido foliar de NO_3^- en judías, en las condiciones ya descritas. Este fungicida, aplicado al 0,5%, no tuvo ningún efecto significativo sobre la actividad de la nitrato-reductasa ni ejerció acción nítida alguna sobre los NO_3^- .

Sin embargo, BERIM y GUDKOVA (1980) afirman que el Cu aplicado sobre plantas de patatas, como oxicloruro de Cu (3123, 7610) al 0,5% ó como "Caldo bordalés" (sulfato de Cu, 3127, 7510) al 1%, es traslocado en el interior de la planta, activando enzimas foliares, como polifenol-oxidasa y oxidasa ascórbica, mientras que inhibe la peroxidasa. Encuentran también incrementos de P, K y proteínas en el tubérculo.

El azufre ha sido usado tradicionalmente para controlar la "roña" de la patata en aquellos casos en los que el pH del medio podía ser apreciablemente reducido (MUNCIE y col. 1944). La creencia generalizada era que la enfermedad decrecía cuando el pH del medio se hacía inferior a 5,2. Sin embargo, existen algunos trabajos que afirman que el efecto del Azufre sobre el control de la enfermedad no se realiza a través de un efecto directo sobre el pH (cit. DAVIS y col. 1974). HORSFALL y col. (1954) indicaron que había una correlación positiva entre el contenido de Ca en el tubérculo de la planta y la intensidad de la enfermedad.

BARNES y McALLISTER (1972) observaron una reducción significativa en Ca y en la razón Ca/K en las pieles de las patatas como consecuencia de la reducción de la enfermedad con tratamientos a base de S. DAVIS y col. (1974) encontraron, en experimentación de campo, que el contenido de K y Fe era mayor en las pieles de patatas que habían crecido bajo aplicación de S, mientras que el Ca era menor.

DAVIS y col. (1976) indicaron que el Ca determinado en los peciolos de las hojas era inferior en aquellas plantas que habían recibido determinados tratamientos fungicidas, y que el menor contenido se da

ba, presisamente, en las que habían sido tratadas con azufre; sin embargo, la aplicación de este tipo de productos nos disminuía -al contrario de otros, como el "P C N B" (quintoceno, 3412, 4321)- la concentración -del Ca en la piel del tubérculo. Al no haber diferencias significativas en la gravedad de la enfermedad con ninguno de los dos tratamientos fungicidas: S y "P C N B" (quintoceno, 3412 y 4321), mencionada este último en el apartado anterior, los resultados sugieren -observan los autores- que las diferencias en los niveles de Ca están causadas por los trata---mientos y que no son el resultado de diferentes grados de infección.

3.3.5.2.- Insecticidas

Los aspectos relacionados con el efecto de aplicación de los diversos productos fitosanitarios sobre la nodulación de las leguminosas y sus repercusiones han sido revisados por HANCE (1981).

3.3.5.2.1.- Insecticidas organofosforados

Como ya se ha indicado en varias ocasiones, los resultados que aparecen en la bibliografía acerca de la alteración del contenido mineral de las plantas por acción de los pesticidas son, a menudo, contradictorios. Pero volvemos a insistir -y algunos de los trabajos citados así lo demuestran- que la época de aplicación y la dosis del producto utilizado son verdaderamente importantes a la hora de obtener unos u otros resultados.

Lamentablemente, en muchos de los resúmenes de los trabajos que aparecen en las revistas especializadas estos datos no se reflejan.

Diversos autores han abordado, bajo algún determinado punto de vista, la acción de los pesticidas sobre los vegetales y no han encontrado cambio mineral alguno. Así, tenemos que McCLURG y BERGMAN (1972) indicaron que el disulfotón (1511) no ejercía efecto alguno sobre la cosecha o sobre el contenido mineral de las hojas de judías, fuese cual fuese su vía de aplicación.

KHASHIMOV (1970) indica que los niveles de Cu y Mn permanecen inalterables en plantas de zanahoria que habían sido tratadas con "Phosphamide" (dimetoato, 1553) o con "Thiophos" (paratión, 1434).

BOCHAROVA y col. (1972) encontró que cuando pulverizaba coles con los insecticidas fosalon (1466) o con "clorofos" (triclorfon, 1473) a las concentraciones de 0,1% y 0,1 - 0,5%, respectivamente, no se veían afectados los contenidos en proteínas, azúcares, ni en K y P de las hojas.

SMIRNOVA y col. (1976) afirman que ni el "Phosphamide" (dime--toato, 1553) en plantas de pepino, ni el "Carbophos" (malatión, 1453) - en lechugas, alteran la composición de estos vegetales.

Poco es lo que se ha investigado hasta hoy acerca de la repercusión de fungicidas e insecticidas sobre el metabolismo de la planta y, dentro de esta escasez de información bibliográfica, lo que más abunda es un enfoque restringido hacia el metabolismo del N mediante la determinación de las variaciones experimentadas sobre el contenido global de este elemento, o bien en alguna o en varias de las fracciones nitrogenadas. Por ello es por lo que dedicamos a este tema las próximas líneas.

BOGDANOFF (1964) investigó los cambios que se producían en el metabolismo del N en hojas de plantas tratadas con insecticidas organofosforados. Encontró que, como resultado de aplicar soluciones al 0,1% de "Eketin" (tiometón, 1513) y de "Thiophos" (paratión, 1434), se incrementaban los niveles foliares de aminoácidos en plantas de judías sin - que por ello fuese alterado el contenido proteico. Por el contrario, -- JEDZELOVSKY y col. (1975) no encontraron cambio alguno significativo en el contenido de aminoácidos en plantas de alfalfa que habían sido tratadas con "Metatión E 50" (fenitrotión, 1424) al 0,5%.

ROZEK y MARECZEK (1981) indicaron que la aplicación de "Bi - 58" (dimetoato, 1553) a plantas de guisantes producía cambios en los contenidos proteicos foliares, los cuales dependían de las fases de desarro-

llo en que se encontrase la planta. Otros cambios producidos en las fracciones foliares de N por la acción de insecticidas órganofosforados -- han sido descritos por EROFEYEVA (1972a), en judías, y por DIRIMANOV y MATEEVA (1975b), en tomates.

La acción que ejerce el "Bi-58" (dimetoato, 1553) y del "Sadofos" (malatión, 1453) sobre el contenido foliar de NO_3^- ha sido determinada por ROZEK (1982) en plantas de judías. Este autor concluye que el comportamiento depende del estado fenológico de la planta en el momento del tratamiento, así como de la concentración y tipo de producto utilizado.

El "Bi - 58" (dimetoato, 1553) disminuye significativamente la actividad de la nitrato-reductasa y, cuando el producto se utiliza a la concentración del 0,5%, esta acción está más acrecentada que cuando se utiliza al 0,1%. Dicho comportamiento se invierte cuando el insecticida se aplica en el momento en que la vaina del fruto comienza a secarse. - El otro insecticida, "Sadofos" (malatión, 1453) es mucho menos activo - en cuanto a su interacción con la enzima nitrato-reductasa. En la mayoría de los casos, se observa que la solución de concentración más elevada -1%- no produce efecto significativo alguno, mientras que aquella cuya concentración es del 0,2% produce una mayor disminución en la actividad de la enzima (medida en concentración de NO_2^-), obteniendo así el -- efecto contrario al producido por el "Bi-58" (dimetoato, 1553).

KISELEVA (1973) encontró que, al pulverizar plantas jóvenes de guisantes con "Rogor" (dimetoato, 1553) y "Sayfos" (menazón, 1591) a razón de 0,8 y 1,5 Kg/Ha, respectivamente, se observaba un incremento de tirosina hasta 10 días después del tratamiento. Otros aminoácidos tales como alanina y los ácidos aspártico y glutámico también se incrementaban, pero sus valores volvían a la normalidad alrededor de 5 días después del tratamiento.

EROFEEVA (1972b) indica que, al tratar plantas de judías cultivadas en tiestos con solución de "Clorofos" (triclorfon, 1473) al 0,03%, se incrementaba el N total y los azúcares en hoja, mientras que el "fosalon" (1466) al 0,02% no las afectaban. Lo primero traía como consecuencia un aumento en el número de ácaros por planta; en el segundo caso no se producía tal aumento.

YUKIMOTO e ISHITANI (1981) encontraron que los insecticidas organofosforados: fentoato (1451), dimetoato (1553), metidation (1454), --fentió (1425) y amifos (1552), entre otros elevaban el contenido de N --total en hojas de plantas de soja cuando eran pulverizados al 0,1%. Se apreciaron síntomas de fitotoxicidad junto con valores elevados para la razón: N-soluble/N total.

Veamos a continuación, algunos de los trabajos existentes acerca de la acción de este tipo de insecticidas sobre otros elementos nutritivos.

GLADILOVICH y KONOVA (1971), en experimentos llevados a cabo en tiestos, encontraron que, al tratar las plantas de judías con "Rogor" --(dimetoato, 1553) al 0,25% y con "Clorofos" (triclorfon, 1473) al 0,3%, en los periodos de comienzo y final de floración, se producía un incremento foliar en los contenidos de Cu y Mn y un decrecimiento en Zn. Así mismo, las semillas de las plantas tratadas contenían menos Cu, Mn y Zn que los testigos.

KONOVA (1971), por su parte, encontró, que estos dos mismos insecticidas, usados en la misma concentración que antes sobre el mismo --cultivo, una vez durante el brote de yemas y otra durante la formación --del fruto, incrementaron la absorción de N, P y K.

KONOVA (1972) indica que, cuando plantas de rábano son tratadas con soluciones de "Clorofos" (triclorfon, 1473) al 0,6% o de "Rogor" ---(dimetoato, 1553) al 0,3%, el insecticida provoca en la planta una reaa--cción de defensa. Esta acción defensiva conlleva un incremento en la ac--

tividad enzimática del complejo oxidativo y un incremento en la absorción de Cu y Mn. Esta activación se produce en una mayor extensión cuando los productos utilizados son sistémicos.

POSPISILOVA y col. (1973) encontraron que, después de tratar plantas de zanahoria dos veces con "Metatión E-50" (fenitrotión, 1424) al 0,2% (2L del formulado/Ha), se producía un incremento en el peso de la raíz y se bloqueaba la translocación de Cu, Fe y Zn desde la raíz a las hojas.

BAIDA (1974) estudió el efecto de la aplicación de tres insecticidas organofosforados sobre algunos parámetros nutritivos en plantas de coles. Utilizó "Clorofos" (triclorfon, 1473), "Phosphamide" (dimetoato, 1553) en concentraciones del 0,2% y a razón de 1200 L/Ha, así como "Metaphos" (metil-paratión, 1426) a una concentración del 2,5% y en una cantidad de 25 Kg/Ha. Los resultados obtenidos ponen de manifiesto que los tres insecticidas incrementan el contenido en azúcares reductores y N-total, mientras que disminuyen el contenido en aminoácidos. K y P también se elevaron ligeramente.

El trabajo de YU y MORRISON (1969) pone de manifiesto -en plantas de judía- que existe una interacción en el binomio insecticida- --- planta que, de alguna manera, está regulada por el estado nutritivo de esta última. Estos autores indicaron que la absorción de los insecticidas mevinfos (1561) y "Phosphamidon" (dimetoato, 1553) se alteraba cuando se variaban los niveles de suministros en P, K, Mg, N, S y Ca a las plantas. Se asoció un incremento en la efectividad de ambos productos - con un incremento en el suministro de P, K y Mg. Cuando se ponían a disposición de la planta cantidades elevadas de N y S parecía decrecer la actividad de mevinfos (1561) mientras que, por el contrario, aumentaba la del "Phosphamidon" (dimetoato, 1553). El Cu pareció favorecer el efecto del insecticida "Mevinphos" (1561).

Existen algunas publicaciones que hacen referencia a cambios - producidos en las raíces, frutos o semillas de algunas plantas hortíco-

las. Entre ellos, cabe citar los debidos a ERMAKOV (1974), GOMAA (1978) y BELYAEVA (1975).

3.3.5.2.2.- Otros insecticidas

BOCHAROVA y col. (1972) no encontraron variación alguna en los parámetros nutritivos foliares estudiados (K y P), al tratar plantas de coles con "Sevin" (Carbaril, 1618) al 0,1%.

BOGDARINA y ZAZERINA (1961), al aplicar D D T (1331) a plantas de patatas, obtienen resultados similares a los descritos en el apartado de "Otros frutales" para el manzano.

AFIFI y ABDULLA (1979) han registrado distintos comportamientos en dos variedades de plantas de altramuza. Después de ser tratados con el insecticida órganoclorado "Endrin" (1313) observaron un aumento del N-amínico y de los hidratos de carbono, así como un descenso de P en la variedad Baladí; para la variedad Meskavi encontraron que tanto P como hidratos de carbono aumentaban, mientras que el N-amínico disminuía.

EROFEEVA (1972) indica que la aplicación de "Sevin" (Carbaril, 1611) al 0,004% a plantas de judías, cultivadas en tiestos, produce un incremento del N foliar.

Volvemos a hacer hincapié en que nos centramos en aquellos casos en los que la aplicación foliar de un plaguicida genera cambios en el estado nutritivo de una planta. Sólo excepcionalmente recogemos citas bibliográficas en las que se analiza la repercusión que la aplicación de pesticidas al suelo tiene sobre la bioquímica de la planta, y ello a pesar de que su número es bastante limitado. Sin embargo, creemos interesante reseñar, una vez llegados a este punto, que ya RODRIGUEZ y col. -- (1957) indicaron que los insecticidas órganoclorados, adicionados al suelo, afectaban la composición de la planta (judías y soja). Los cambios más notables eran producidos por "BHC" (HCH, 1341) y lindano (1342), seguidos por clordano (1315), "aldrin" (1311), "dieldrin" (1312) y DDT -

(1331). Estos cambios son muchas veces indirectos, debidos a que el plaguicida modifica las propiedades del suelo alterando la disponibilidad de nutrientes, mediante interacción directa con los minerales del complejo de cambio del suelo y/o sobre la actividad biológica del mismo; - además, se pueden producir daños en la raíz que podrían modificar la capacidad de absorción de la misma.

3.3.6.- Cereales

Un elevado porcentaje de los no muy numerosos trabajos que podrían encuadrarse en estos apartados realizan la aplicación del producto al suelo sobre el que posteriormente se cultivarán las plantas. Este hecho, junto con que, fundamentalmente, tratan aspectos de fertilización-producción, justifica el que no los incluyamos aquí.

3.3.6.1.- Fungicidas

El fungicida "Benlate" (benomilo, 3661) parece ejercer -según han encontrado ELLEN y SPIERTZ (1975)- una acción directa sobre la redistribución de N, P y K desde el tallo hacia el grano, y ello no sólo cuando se aplica al suelo junto con abono nitrogenado, sino también --- cuando es pulverizado sobre la planta.

REIS y col. (1980) han estudiado la acción nutritiva substitutiva que la aplicación foliar de zineb (3215) y ziram (3225) poseen sobre plantas de trigo cultivadas en medios hidropónicos deficientes en - S, Zn y Mn.

3.3.6.2.- Insecticidas

SUD'INA y ANTONYUK (1966) refieren que se produce un incremento en el contenido foliar de aminoácidos en plantas de centeno tratadas con "Clorofos" (triclorfon, 1473), yendo acompañado de una disminución

del N total y proteico, dándose este hecho solamente cuando se utilizan altas dosis de insecticidas. Por el contrario, cuando las dosis utilizadas son bajas, se reduce el nivel de aminoácidos encontrados en las hojas de las plantas tratadas.

MOYER y PAULSEN (1977) trataron trigo de invierno con "disulfoton" (1511) y con "Guthión" (metil-azinfos, 1455). Cada parcela tratada sólo recibió un tipo de insecticida aplicado a dos niveles, 0,1 y 1,1 -- Kg/Ha; el primero de los cuatro tratamientos llevados a cabo se realizó en el otoño y los tres siguientes en primavera. Sólo el tratamiento realizado en otoño con "Guthión" (metil-azinfos, 1455) incrementó la concentración proteica de los granos. Los tratamientos que no fueron realizados en otoño incidieron sobre el contenido proteico del forraje.

Otras alteraciones producidas en cereales por aplicación de insecticidas órganofosforados son descritas por KONOVA (1973). Este autor apreció que "Rogor" (dimetoato, 1553) y, en menor extensión, "Clorofos" (triclorfon, 1473) incrementaban el contenido total de N en plantas de trigo y cebada cuando eran tratados con estos insecticidas a concentraciones del 0,25 y 0,30%, respectivamente. La aplicación de "Clorofos" - (triclorfon, 1473) producía un incremento de P y K en plantas de cebada fertilizada. El contenido de estos dos elementos era mayor en los granos de trigo correspondientes a plantas tratadas, tanto si habían sido fertilizadas como si no lo habían sido. En este mismo sentido, GLADILOVICH y KONOVA (1971) también encontraron que los dos mismos insecticidas utilizados a idénticas dosis, reducían el contenido de Co, Mn y Zn en plantas de trigo tratadas en el inicio del crecimiento de la planta y en el comienzo del espigamiento.

FORSYTH (1954), trabajando con plántulas de trigo, constató que el DDT (1331) alteraba el metabolismo, de tal manera que aminoácidos y azúcares se acumulan en las hojas.

3.3.7.- Otras plantas herbáceas

3.3.7.1.- Fungicidas

La acción del zineb (3215) en relación al contenido y distribución del Zn en los distintos órganos de las plantas de tabaco pulverizadas con diferentes concentraciones del fungicida (0,4, 0,6 y 0,8%), así como los cambios que se producen en los contenidos de Fe, Mn y Cu consecutivos a dicho tratamiento, han sido estudiados por JORGOVIC-KREMZER - (1975, 1976). Entre los resultados más destacables obtuvieron: Primero, que las mayores concentraciones de Zn fueron encontradas en las hojas y precisamente en las más viejas; segundo, que los elementos Fe y Mn se ven incrementados tras la aplicación del tratamiento, mientras que no sucede así con el Cu, y tercero, que los mayores aumentos de Fe fueron registrados en hojas viejas, mientras que los de Mn correspondieron a las hojas más jóvenes.

La acción del "Zerlate" (ziram, 3225) parece ser opuesta respecto al contenido de aminoácidos -y en concreto sobre el ácido glutámico- según se consideren las hojas o la raíz de la remolacha azucarera. Así, FULTS y col. (1951) encontraron que el contenido de este aminoácido estaba aumentado en las raíces de aquellas plantas que habían sido tratadas en dos ocasiones con el fungicida. De otro lado, BLOUCH y col. --- (1952) observaron que el contenido foliar de ácido glutámico era menor cuando la planta había sido pulverizada con "zerlate" (ziram, 3225).

En experimentos llevados a cabo con plantas de algodón, SHADMANOVA y URUNOV (1975) apuntaron que la aplicación de 160 Kg/Ha de "Benlate" (benomilo, 3661), durante las primeras etapas del crecimiento, producían un incremento en el contenido de N, tanto en hoja como en raíz.

3.3.7.2.- Insecticidas

SHEETS y col. (1979) realizaron una recopilación referente a la

influencia de los insecticidas y nematocidas sobre la química del tabaco. Indican que son poquísimos los trabajos que se han ocupado de la influencia de estos pesticidas sobre los constituyentes naturales y calidad del tabaco, y que, en algunos casos, estos datos no han sido publicados. Se citan algunos insecticidas que no tuvieron efectos directos sobre el porcentaje de alcaloides, N y azúcares reductores cuando se aplicaron a plantas no infestadas. Pero donde se hace mayor hincapié es en la aplicación de nematocidas y fumigantes -fundamentalmente organohalogenados- y de sus repercusiones sobre las hojas, que tienen lugar por una acción indirecta mediante una compleja interacción con las condiciones ecológicas imperantes (suelo, etc.). No se comenta ni se da dato alguno acerca de cualquier elemento nutritivo de la planta, a excepción del N y de algún halógeno constituyente del pesticida utilizado.

TSO y col. (1980) han determinado 35 componentes en hojas de tabaco que habían sido tratadas durante los meses de junio, julio y agosto con 10 pesticidas diferentes, pertenecientes a grupos distintos según su constitución química. Los elementos estudiados, objeto de nuestra atención, fueron: K, Na, Ca, Mg, Mn, Cl, NO_3^- , N-total y -aminoácidos. Los resultados más notables en las hojas tratadas fueron un ligero descenso de K y un notable aumento de Ca y Mg, mientras que sólo aumentaron ligeramente los contenidos de NO_3^- y aminoácidos.

3.3.7.2.1.- Insecticidas organoclorados

MARDAJANIAN y col. (1965) demostraron que las hojas de plantas de algodón que habían sido tratadas con DDT (1331) mostraban disminuido el N-proteico y aumentado el nivel de P.

SITHANANTHAM y col. (1976) estudiaron las repercusiones que las aplicaciones foliares de soluciones de CLK al 3%, solas o adicionadas -- con endrin (1313), ejercían sobre las concentraciones de varios macronutrientes en las hojas de plantas de caña de azúcar. Todas las pulveriza-

ciones condujeron a un incremento de N y Mg, que era más acentuado cuando se utilizaba el insecticida. El K y Ca también aumentaban, aunque en menor cuantía. Sin embargo, el K contenido en las vainas era reducido - por los tratamientos. Ello parece demostrar la existencia de una interacción respecto a la translocación interna de determinados elementos.

3.3.7.2.2.- Insecticidas órganofosforados y carbámicos

En estudios realizados sobre plántulas de algodón, crecidos en cultivos de arena, EL -LEBOUDI y col. (1974) encontraron que los insecticidas sistémicos "Temik" (aldicarb, 1651) y "Disyston" (disulfoton, 1511) producían un aumento en la absorción de K y una disminución en la de Ca y Mg. Atribuyen estos hechos a la influencia de los pesticidas sobre las actividades metabólicas de la planta.

AHMED y col. (1979), experimentando con distintas variedades de plantas de algodón cultivadas en macetas, observaron que los insecticidas "Dursban" (clorpirifos, 1441), "Cytrolane" (mefosfolan, 1572) y -- "Tamaron_gusathión" (metamidofos, 1582 + metilazinfos, 1455) incrementaban los niveles de Fe y Mn en todas las variedades.

De otro lado, RAAFAT y col. (1967a,b) comprobaron que la aplicación foliar de "Dipterex" (triclorfon, 1473), en soluciones al 1% a razón de unos 450 l/Ha sobre plantas de algodón, producían aumentos en las concentraciones foliares de P y N. Otros autores que han descrito alteraciones metabólicas en plantas del género *Gossypium* son: EL RAFIE y EL HENNAWI (1961) y NESTER y COTHREN (1977).

La dinámica de algunos micro y macronutrientes en plantas de remolacha azucarera, tratadas con insecticidas órganofosforados, ha sido estudiada por GLADILOVICH y KONOVA (1971) y BERIN y KONOVA (1974 y 1976). La aplicación foliar de soluciones de "Rogor" (dimetoato, 1553) al 0,5% eleva el nivel de Ca en hojas e inhibe la translocación de Mg desde las raíces hacia las hojas. Después de pulverizar dos veces -en ensayos de

campo- se obtuvo un notable incremento de Mn foliar durante los veinte primeros días consecutivos al tratamiento. Sin embargo, en el momento de la recolección, las hojas tratadas mostraban el mismo nivel de Mn -- que los testigos. La aplicación del mismo producto en forma de gránulos alteró los contenidos de Fe, Cu y Mn.

Por último, vamos a ver algunos interesantes trabajos referentes a la repercusión que la aplicación de un insecticida sistémico, como el "Thimet" (forato, 1510), ejerce sobre la composición mineral de plantas de malvavisco. Se ha descrito como favorecedor de su crecimiento y producción por JAGIRDAR y SINGH (1973) y JAISWAL y col. 1975), sin que ello fuese atribuido a la acción plaguicida propiamente dicha.- SAIMBHI y col. (1979) han estudiado la acción que ejerce este insecticida -a razón de 1,25 Kg/Ha- sobre el peso y la composición mineral (N, P, K, Ca, Mg y Fe) de la hoja, tallo y frutos de la misma planta. Nos parece interesante destacar el hecho de que se produce en el tejido foliar -principal centro de nuestro interés- un aumento significativo tanto del peso fresco como del peso seco, en las muestras tratadas. En cuanto al contenido mineral foliar es interesante destacar el notable aumento que experimenta el K, cuya translocación hacia las hojas parece estar favorecida por el insecticida; lo que a su vez parece determinar una notable caída en los niveles de Mg. Sus efectos sobre el Fe son contradictorios (JAISWALL y col., 1975 y SAIMBHI y col., 1979).

4.- MATERIAL Y METODOS

4.1.- Elección de los cultivos

Para llevar a cabo el objetivo del presente trabajo existían dos caminos a seguir: uno, realizar el estudio mediante experiencias de invernadero; otro, llevarlo a cabo en pleno campo.

La Estación Experimental del Zaidín experimentó hace ya bastantes años amplios estudios acerca de la nutrición mineral de algunos cultivos de importancia regional entre los que ocupó un lugar prominente el olivo. En ningún estudio precedente -del que tengamos conocimiento- se había considerado la posibilidad de que productos utilizados con fines fitofarmacéuticos pudieran distorsionar el estado nutritivo de este cultivo. Y, sin embargo, esta posibilidad subyecía en nuestra mente.

Se estimó que podría ser interesante realizar, en primer lugar, un amplio estudio de prospección acerca del objetivo propuesto, que nos sirviera de base firme para profundizar posteriormente, mediante la realización de experiencias más selectivas, en la explicación y valoración de los posibles efectos que pudiésemos observar tras la aplicación de productos plaguicidas. Con esta finalidad elegimos otras plantas de cul-

PARTE EXPERIMENTAL

4.- MATERIAL Y METODOS

4.1.- Elección de los cultivos

Para llevar a cabo el objetivo del presente trabajo existían -- dos caminos a seguir: Uno, realizar el estudio mediante experiencias de invernadero; otro, llevarlo a cabo en pleno campo.

La Estación Experimental del Zaidín emprendió hace ya bastantes años amplios estudios acerca de la nutrición mineral de algunos cultivos de importancia regional entre los que ocupó un lugar prominente el olivo. En ningún estudio precedente -del que tengamos conocimiento- se había - considerado la posibilidad de que productos utilizados con fines fito-- farmacéuticos pudieran distorsionar el estado nutritivo de este culti-- vo. Y, sin embargo, esta posibilidad subyacía en nuestra mente.

Se estimó que podía ser interesante realizar, en primer lugar, un amplio estudio de prospección acerca del objetivo propuesto, que nos sirviera de base firme para profundizar posteriormente, mediante la rea-- lización de experiencias más selectivas, en la explicación y comprensión de los posibles efectos que pudiesemos observar tras la aplicación de - productos plaguicidas. Con esta finalidad elegimos otras plantas de por

te arbóreo y con cierto interés regional que tuviesen algún matiz claramente diferenciador de la anteriormente citada. Pensamos, por tanto, en árboles de hoja caduca. Las razones expuestas, junto a otras de orden - práctico, tales como: disponibilidad de huertos donde llevar a cabo las experiencias, ubicación de los mismos, la ya citada importancia regional del cultivo (Tablas VI y VII) etc..., determinaron que la elección recaye se sobre ciruelos y cerezos. De esta manera quedó establecido que las experiencias se llevarían a cabo en el campo, estudiando así la respuesta de estos cultivos -mediante la determinación de su estado nutritivo- a - la aplicación de algunos productos fitosanitarios en su propio "habitat" y, obteniendo de esta forma, una pauta natural de comportamiento sin haber prefijado parámetro nutritivo o factor ambiental alguno.

El elevado número de tratamientos fitofarmacéuticos realizados y de resultados analíticos obtenidos en el conjunto de nuestras experiencias, haría improcedente, dada su extensión, discutir en la presente Memoria la totalidad de los mismos. Por ello hemos creído conveniente presentar y discutir, únicamente, los resultados correspondientes a las experiencias llevadas a cabo con ciruelos y cerezos.

A continuación presentamos la identificación botánica de los cultivos estudiados en la presente Memoria, según LOSA y col., (1961).

Orden: Rosales

Familia: Rosaceas (Rosaceae)

Subfamilia: Prunoideas (Prunoideae)

Género: Prunus

Especies: Prunus avium (cerezo)

Prunus doméstica (ciruelo)

Variedades: Golden Japan (ciruelo)

Napoleón (cerezo).

TABLA VI

CEREZO y GUINDO. Datos sobre cultivo y producción en la región andaluza. Año 1980. (Anuario de estadística del Ministerio de Agricultura).

Provincia	Superficie en plantación regular -Ha-	Arboles diseminados. -Número-	Producción -Tm-
Almería	9	15.809	216
Cádiz	1	1.216	17
Córdoba	77	11.303	568
Granada	100	45.300	1.399
Huelva	7	3.212	33
Jaén	250	51.037	1.777
Málaga	55	6.703	409
Sevilla	7	6.574	86

TABLA VII

CIRUELO. Datos sobre cultivo y producción en la región andaluza (año 1980).

Provincia	Superficie en plantación regular -Ha-	Arboles diseminados -Número-	Producción -Tm-
Almería	106	26.231	1.807
Cádiz	54	15.285	755
Córdoba	139	16.002	1.929
Granada	200	38.000	3.160
Huelva	125	7.894	1.299
Jaén	92	103.084	2.172
Málaga	337	39.531	2.881
Sevilla	454	4.672	2.531

4.2.- Parcelas experimentales

El requisito previo exigido a las huertas donde se desarrollaron las experiencias fue, naturalmente, que no hubiesen sido tratadas con productos fitofarmacéuticos, al menos, los años anteriores al comienzo de - nuestras experiencias.

De acuerdo con lo expuesto en el apartado 2.3.1. del capítulo correspondiente y, según nuestra propia experiencia, sería la variabilidad entre árboles la causa que contribuyese con un mayor peso a la varianza total de los resultados analíticos y a ello le seguiría la variabilidad entre muestras. Ante este hecho no podíamos adoptar como parcela experimental árboles aislados, sino que debíamos tomar un grupo de árboles con objeto de reducir la variabilidad antes apuntada. Faltaba por determinar el número de árboles que constituiría cada parcela. Ello estaría en función de la extensión del cultivo sobre el que se desarrollarían las experiencias, la homogeneidad del suelo, idéntica ecología, etc. Teniendo en cuenta que la plantación del olivar en el que también trabajamos estaba realizada a marco real de 14 varas, lo que dá como resultado unos 73 olivos por hectárea, y que la zona más adecuada del olivar para llevar a cabo la experiencia tenía una superficie aproximada de 7000 m², decidimos que para homogeneizar y, a pesar de que el número de ciruelos y cerezos era reducido, que cada una de las parcelas tuviese 4 árboles, lo que concuerda con las indicaciones de STEYN (1961) y de BEUTEL y col. (1978) para árboles frutales.

Dada la restricción de extensión cultivada que padecíamos y, con objeto de hacer mínimamente operativa la realización de un amplio ensayo de base, los productos-(s) que constituyeron un tratamiento, se aplicaron sobre una única parcela.

4.3.- Características de los tratamientos

Se estableció un calendario lógico de tratamientos que procurase ponderar y representar las prácticas fitosanitarias más usuales de estos cultivos.

Era nuestra intención utilizar productos de buena calidad y hacerlo sólo en determinadas ocasiones, procurando en todo momento no sobrecargar el número de tratamientos. De esta manera evitaríamos un exceso de efectos superpuestos y podríamos seguir, durante un mayor periodo de tiempo, posibles alteraciones nutritivas en las plantas.

El objetivo básico propuesto nos permitía una relativa flexibilidad respecto al momento exacto más adecuado para tratar los cultivos, ya que no perseguíamos una óptima, drástica y fulgurante extinción de una posible plaga, sino el obtener la respuesta nutritiva del vegetal a la aplicación de los plaguicidas. Por ello, es necesario resaltar que, aunque hemos procurado aproximarnos a lo que sería un programa normal de tratamientos, habida cuenta de los cultivos, zonas y condiciones climáticas reinantes, este, no ha sido, en ocasiones, estrictamente riguroso en lo que a fechas de aplicación de los productos se refiere. Entre las causas de estas desviaciones, podemos citar, por ejemplo, el haber deseado guardar celosamente el plazo de seguridad pertinente que debe transcurrir entre la aplicación de un producto plaguicida y la recolección y consumo del fruto.

Se ha procurado evitar la acumulación de tratamientos, , aunque el exiguo número de árboles disponibles fué la causa determinante de que únicamente escogiesemos, en cada uno de los dos cultivos, una sólo parcela experimental, además de la parcela testigo. Debido a esto y, al propósito de aproximarnos a los tipos de tratamientos realizados por el agricultor, cada uno de los tratamientos aplicados ha estado constituido -a excepción del primer tratamiento del primer año de experiencias, Tabla VIII- por más de un producto plaguicida. Todos los tratamientos fueron --

acumulativos sobre la misma parcela; incluso los realizados en el segundo año de experiencias (año 1979) lo fueron sobre los mismos árboles -- que habían sido pulverizados la temporada anterior.

Las Tablas VIII y IX resumen los tratamientos realizados. Como ya se indicó anteriormente, están realizados en dos años con objeto de poder seguir la acción durante un amplio periodo de tiempo sin que se den excesivas superposiciones de efectos. Por ello no se ha cubierto un calendario completo exhaustivo anual de aplicaciones fitosanitarias.

No existe ningún Inventario Agronómico Provincial acerca de ciruelos y cerezos; sin embargo, hemos constatado que el Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica de Granada recomienda -- como tratamientos más usuales dentro de la comarca donde nosotros hemos realizado las experiencias:

- Tratamiento de invierno clásico para frutales, a base de emulsiones de aceite mineral o bien mediante la utilización de polisulfuros.

- Tratamiento combinado con productos aficidas y fungicidas antes de abrir la flor o, en su defecto, a la caída de pétalos. En primaveras lluviosas es bastante común realizar varias aplicaciones con anticriptogámicos, fundamentalmente en cerezos, las cuales van destinadas a evitar el cribado o perdigonada (*Clasterosporium Carpophilum*). Se pueden realizar también tratamientos de postrecolección, sobre todo si es un verano lluvioso.

- En la temporada de primavera-verano es bastante común el uso de insecticidas contra la cochinilla de S. José, que puede ir también -- conjugado con algún aficida.

- En cerezos, con mayor profusión que en ciruelos, sobre todo -- en variedades de medio tiempo y tardías, se suele realizar algún tratamiento contra la mosca (*Rhagoletis cerasi*) mediante la aplicación de insecticidas tales como diazinón, fentión, dimetoato, malatión, etc.

TABLA VIII
Primer año de experiencias
Año 1978

<u>Tratamiento</u>	<u>Plaguicida utilizado</u>		<u>Dosis</u>		<u>Cultivo</u>	<u>Vol. Pul/árbol</u>	<u>Fecha del tratamiento</u>
	<u>Nombre comercial</u>	<u>Nombre común de la materia activa</u>	<u>Indicada</u>	<u>Utilizada</u>			
1	"Solbar"	<u>Polisulfuro de bario,</u> (1211, 3118)	4-5%	15%	Cerezo Ciruelo	2,5 L	11 - 1 - 78
						2,5 L	15 - 2 - 78
2	"Fitonil 80 Forte"	<u>Zineb</u> (3215)	0,25%	1,10%	Cerezo	2,5 L	14 - 8 - 78
	"Irokar"	<u>Dinocap</u> (2912,3424)	0,10%	0,40%			
	"Ultracid 40 E"	<u>Metidati6n</u> (1454)	0,10-0,15%	0,50%	Ciruelo	3,5 L	14 - 8 - 78

TABLA IX

Segundo año de experiencias

Año 1979

<u>Tratamiento</u>	<u>Plaguicida utilizado</u>		<u>Dosis</u>		<u>Cultivo</u>	<u>Vol. Pul/árbol</u>	<u>Fecha del tratamiento</u>
	<u>Nombre comercial</u>	<u>Nombre común de la materia activa</u>	<u>Indicada</u>	<u>Utilizada</u>			
1	"Croneton 50 LE"	<u>Etiofencarb (1623)</u>	0,10%	0,40%	Cerezo	2,5 L	8 - 5 - 79
	"Irokar"	<u>Dinocap (2912, 3424)</u>	0,10%	0,40%			
	"Pomarsol Z fuerte"	<u>Ziram (3225)</u>	0,20%	0,80%	Ciruelo	3,5 L	8 - 5 - 79
2	"Dimetoato 40"	<u>Dimetoato (1553)</u>	0,10 - 0,20%	0,80%	Cerezo	2,5 L	4 - 7 - 79
	"Pomarsol Z fuerte"	<u>Ziram (3225)</u>	0,20%	0,80%	Ciruelo	2,5 L	4 - 7 - 79

4.4.- Aplicación de los tratamientos

Los tratamientos fueron realizados con una máquina pulverizadora de mochila provista de un depósito de 10 l de capacidad, utilizando la modalidad de bajo volumen de aplicación (BV).

Como se sabe, esta técnica se basa en que el tamaño de gota que se consigue es mucho más pequeño que en las aplicaciones a volumen normal y, por tanto, se necesita menor cantidad de líquido para conseguir una buena cobertura del vegetal. Ello obliga a aumentar la concentración del producto aplicado para que la cantidad que reciba la planta sea la misma que es aconsejada por las casas comerciales.

La bibliografía especializada estima que, por término medio, el aumento de concentración necesario para lograr el mismo control de insectos y enfermedades oscila entre 3 y 5. Naturalmente que esta cifra va a depender de las características de la máquina empleada y del porte del árbol a tratar.

Ensayos previos realizados sobre árboles de porte similar a los que constituirían nuestras parcelas demostraron que un aumento de concentración entre 3 y 4 veces la usual podía ser, como término medio, una cifra adecuada.

La solución o caldo pulverizado se obtuvo en todas las ocasiones mediante la apropiada dilución del plaguicida en agua.

Las aspersiones se realizaron circunvalando todos y cada uno de los árboles que constituían una parcela experimental, procurando obtener una completa cobertura del follaje del árbol y del tronco, así como de las ramas desnudas en el caso del tratamiento de invierno.

El gasto de un mayor volumen de líquido, en el caso de los ciruelos, estuvo fundamentalmente originado por el hecho de poseer estos árboles un porte mayor que el de los cerezos.

4.5.- Clasificación adoptada para los plaguicidas

Se ha considerado interesante indicar en las Tablas VIII y IX, - el nombre comercial del plaguicida ya que este engloba el formulado de - la materia activa (soportes, disolventes, coadyuvantes, etc.) siendo to- do ello lo que realmente se aplica sobre el árbol.

También se indica el nombre común de la materia activa que cons- tituye la denominación oficial, y el número de codificación que la sus- tancia recibe en la "Guía de Productos Fitosanitarios 78" editada por el Ministerio de Agricultura.

Esta codificación es de tipo decimal y está fundamentada en la - utilidad fitosanitaria del producto y en la naturaleza química de la ma- teria activa. Es la clave de identificación que hemos utilizado a lo lar- go de la revisión bibliográfica sobre la influencia que los tratamientos pesticidas ejercen en el estado nutritivo de las plantas; por ello consi- deramos procedente transcribir aquí su significado.

El código asignado a cada materia activa consta de cuatro carac- teres numéricos establecidos en el siguiente orden jerárquico:

- Clases (vienen indicadas por la primera cifra)
- Grupos (están formados por las dos primeras cifras)
- Familias (constituidas por los tres primeros guarismos)

La cuarta cifra distingue a los componentes de una misma familia.

Hemos indicado que la clasificación es de tipo decimal, es decir, que cada orden comprende (o puede comprender) 10 ordenes del rango inme- diatamente inferior.

El nivel más amplio de la clasificación se ha establecido atendien- do a la utilidad de los productos, en las diez clases siguientes:

- 1.- Insecitcidas
- 2.- Acaricidas específicos

- 3.- Fungicidas
- 4.- Nematocidas
- 5.- Herbicidas
- 6.- Fitorreguladores y productos afines
- 7.- Molusquicidas, rodenticidas y varios
- 8.- Específicos para post-cosecha y simientes
- 9.- Protectores de maderas, fibras y derivados
- 10.- Plaguicidas específicos varios

Los pesticidas objeto de nuestro estudio son, fundamentalmente, insecticidas y fungicidas. Sin embargo, en la revisión bibliográfica realizada hemos recogido algún producto que está incluido en las clases 2ª y 4ª que acabamos de mencionar. Para facilitar la identificación de las materias activas, transcribimos, desde la mencionada obra ("Guía de Productos Fitosanitarios 78") las oportunas clasificaciones:

1.- INSECTICIDAS

1.1.- Aceites minerales

- 1.1.1.- Aceites de petróleo
- 1.1.2.- Aceites de hulla

1.2.- Inórganicos

- 1.2.1.- Derivados del azufre
- 1.2.2.- Arsenicales
- 1.2.3.- Fluorados
- 1.2.9.- Otros inórganicos

1.3.- Organoclorados y organofluorados

- 1.3.1.- Bicicloheptenos clorados
- 1.3.2.- Ciclopentanos clorados
- 1.3.3.- Difeniletanos clorados
- 1.3.4.- Ciclohexanos clorados

1.3.5.- Terpenos clorados

1.3.6.- Fenoles clorados

1.3.8.- Fluoroacetamidas

1.3.9.- Otros órganosfluorados

1.4.- Organofosforados de acción externa

1.4.1.- Diaquilfosfatos

1.4.2.- Dimetiltiónofosfatos fenólicos

1.4.3.- Dietiltiónofosfatos fenólicos

1.4.4.- Dialquiltiónofosfatos heterocíclicos

1.4.5.- Dimetildiotíofosfafos

1.4.6.- Dietilditíofosfatos

1.4.7.- Fosfonatos

1.4.9.- Otros fosforados no sistémicos

1.5.- Organofosforados sistémicos

1.5.1.- Tíofosforil - dialquiltífoeteres

1.5.2.- Tíofosforil - dialquilsulfóxidos

1.5.3.- Tíofosforil - dialquilsulfonas

1.5.4.- Fosforil - alquilamidas

1.5.5.- Tíofosforil - alquilamidas

1.5.6.- Fosforil - alquicarboxilatos

1.5.7.- Amidofosfatos

1.5.8.- Amidofosfotiolatos

1.5.9.- Otros fosforados sistémicos

1.6.- Carbámicos

1.6.1.- Carbamatos naftílicos

1.6.2.- Carbamatos fenílicos

1.6.3.- Carbamatos heterocíclicos

1.6.4.- Carbamatos carbofuránílicos

1.6.5.- Carbamoiloximas

- 1.6.6.- Carbamoiltíolatos
- 1.6.9.- Otros carbamatos
- 1.7.- De origen vegetal y sintéticos afines
 - 1.7.1.- Extractos vegetales
 - 1.7.2.- Piretrinas sintéticas
 - 1.7.3.- Piretroides grisantémicos
 - 1.7.4.- Otros piretroides
- 1.9.- Insecticidas varios
 - 1.9.1.- Insecticidas biológicos
 - 1.9.2.- Hormonas insecticidas
 - 1.9.3.- Toxinas
 - 1.9.9.- Otros insecticidas varios
- 1.10.- Atrayentes, repelentes y sinérgicos de insecticidas
 - 1.10.1.- Feromonas
 - 1.10.3.- Atrayentes no hormonales
 - 1.10.5.- Repelentes y antialimentación
 - 1.10.8.- Sinergizantes

2.- ACARICIDAS ESPECIFICOS

2.1.- Inorgánicos

- 2.1.1.- Azufre y derivados
- 2.1.9.- Otros inorgánicos

2.2.- Organohalogenados

- 2.2.1.- Carbinoles clorados
- 2.2.2.- Carbinoles bromados
- 2.2.5.- Ciclopentadienos clorados

2.3.- Tíocompuestos orgánicos

- 2.3.1.- Sulfonas
- 2.3.2.- Sulfonatos
- 2.3.3.- Sulfuros
- 2.3.4.- Azosulfuros
- 2.3.9.- Otros tioésteres

2.4.- Organometálicos

- 2.4.1.- Compuestos de estaño

2.5.- Nitroheterocíclicos

- 2.5.1.- Quinoxalinas
- 2.5.2.- Bencimidazoles

2.9.- Acaricidas varios

- 2.9.1.- Nitrofenoles
- 2.9.2.- Formamidinas
- 2.9.3.- Benzoximas
- 2.9.4.- Organofosforados
- 2.9.9.- Otros acaricidas varios

3.- FUNGICIDAS

3.1.- Inorgánicos

- 3.1.1.- Azufre y derivados
- 3.1.2.- Compuestos de Cobre
- 3.1.9.- Otros fungicidas inorgánicos

3.2.- Tíocarbamatos y tiuranos

- 3.2.1.- Etilenbisditíocarbamatos
- 3.2.2.- Dimetilditíocarbamatos
- 3.2.3.- Metilditíocarbamatos

3.2.5.- Tiuramas

3.3.- Otros organometálicos

3.3.1.- Compuestos de cobre

3.3.2.- Compuestos de estaño

3.3.3.- Compuestos de mercurio

3.4.- Bencenos sustituidos

3.4.1.- Bencenos clorados

3.4.2.- Nitrofenoles

3.4.3.- Benzonitritos

3.4.4.- Anilinas

3.4.9.- Otros derivados bencénicos

3.5.- Heterocíclicos de acción externa

3.5.1.- Piridinas

3.5.2.- Ftalimidas

3.5.3.- Benzotiazoles

3.5.4.- Quinonas

3.5.6.- Diazoles

3.5.7.- Hidantoínas

3.5.8.- Triazoles

3.6.- Heterocíclicos sitémicos

3.6.1.- Pirimidinas

3.6.2.- Piperazinas

3.6.3.- Morfolinas

3.6.4.- Oxatiinas

3.6.5.- Dicarboximidas

3.6.6.- Benzimidazoles

3.6.7.- Oxazoles

3.6.8.- Triazoles

3.6.9.- Otros heterocíclicos sistémicos

3.9.- Fungicidas varios

3.9.1.- Antibióticos

3.9.2.- Acetaminas

3.9.3.- Sulfamidas

3.9.4.- Guanidinas

3.9.5.- Organofosforados

3.9.6.- Tíoureidobencenos

3.9.9.- Otros fungicidas varios

4.- NEMATOCIDAS, DESINFECTANTES DE SUELOS Y FUMIGANTES EN GENERAL

4.1.- Nematocidas específicos

4.1.1.- Organofosforados

4.1.5.- Carbámicos

4.2.- Insecticidas para suelos

4.2.1.- Organoclorados

4.2.2.- Organofosforados no sistémicos

4.2.4.- Organofosforados sistémicos

4.2.6.- Carbámicos

4.3.- Fungicidas para suelos

4.3.1.- Tícarbamatos

4.3.2.- Bencenos sustituidos

4.3.9.- Otros fungicidas del suelo

4.5.- Fumigantes y fumígenos

4.5.1.- Hidrocarburos clorados

4.5.2.- Hidrocarburos bromados

4.5.3.- Generadores de isotiocianato

4.5.4.- Generadores de cianhídrico

4.5.5.- Generadores de sulfuroso

4.5.6.- Generadores de fosfamina

4.5.9.- Otros fumigantes.

4.6.- Algunas consideraciones acerca de las materias activas y de los - productos comerciales fitosanitarios empleados.

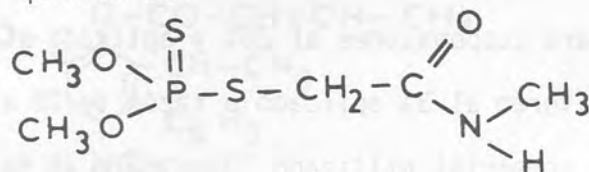
La información que ofrecemos a continuación ha sido obtenida - de las siguientes fuentes: THE PESTICIDE MANUAL-SIXTH EDITION (1979); - PRIMO YUFERA y col. (1976); BARBERA (1976); CHIESA MOLINARI (1965); GUIA DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS 78 (1978); HORSFALL (1966); MANUAL DE PRODUC TOS FITOSANITARIOS (1982).

4.6.1.- Dimetoato

Es un insecticida órganofosforado de acción sistémica codifica- do con el número 1553 en la "Guía de Productos Fitosanitarios 78".

Como cualquier insecticida órganofosforado se puede considerar - como un derivado del ácido fosfórico en el que se han sustituido dos io- nes hidrógeno por dos grupos metilo, originando los correspondientes éste res del ácido fosfórico o fosfatos; el enlace P-O por el enlace P-S y el grupo -OH restante por el grupo -SR₂ (R₂ = -CH₂-CO-NH-CH₃) dando lugar a un "tíonotiofosfato" o "ditíofosfato" o "fosforoditíato".

Su fórmula química es:



respondiendo a la denominación de "ditiofosfato de 0,0 - dimetilo y de S -
- (N- metilcarbamoilmetilo)".

Es un sólido blanco, cuyo punto de fusión es de 51-52°C. El producto técnico tiene un punto de fusión que oscila entre 48 y 50° C. Su presión de vapor es de $85 \cdot 10^{-6}$ mm de Hg a 25°C. Posee una solubilidad -- aproximada del 2,5% a 21°C y del 7% a 80°C.

La solubilidad de un plaguicida en agua es un factor importante en conexión, por una parte, con el poder de persistencia del mismo y, -- por otra, para desarrollar una determinada acción sistémica, lo que requiere su translocación dentro de la planta.

Es bastante estable en solución acuosa y en presencia de la luz. Su estabilidad se torna precaria en condiciones alcalinas. A pH = 9 y a 70°C se hidroliza más del 50% en algo menos de una hora.

Es un insecticida sistémico que también actúa por ingestión y -- contacto. Está autorizado para: frutales, cítricos, olivo, cultivos industriales y ornamentales. Los periodos de seguridad que en España son -- obligatorios guardar desde el momento del tratamiento hasta el de la recolección son: 45 días en cítricos, 60 en olivo y 30 para los demás cultivos. Resalta su empleo como aficida, acaricida y contra la mosca y minadores de frutos.

Se formula y presenta como:

- Líquido emulsionable al 50% y/o 40% de contenido en principio activo. En estos casos se suele aplicar al 0,1% y 0,1-0,15%, respectivamente, del producto comercial en el caldo, soporte o el disolvente que se utilizará en la pulverización.
- Polvo mojable para suspensiones al 20% y aplicado al 0,2%
- Polvo para espolvoreo al 3% aplicado a razón de 20 a 30 Kg/ha.

Producto comercial utilizado "Dimetoato 40 Bayer": :

- 40% de dimetoato
- Líquido emulsionable, envase de 1 L

- Dosis aplicación: 0,1 - 0,2%

Su empleo en ciruelo y cerezo va destinado a la lucha contra la mosca que ataca los frutos de estos árboles ("Caratitis capitata" y "Rhagoletis cerasi", respectivamente). La fecha de realización de este tratamiento es algo tardía, sobre todo para el cerezo. Las razones de ello ya han sido expuestas anteriormente.

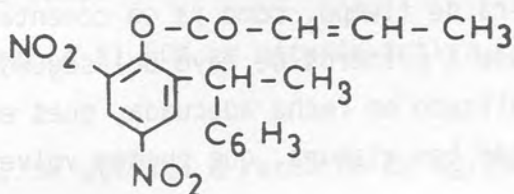
El extendido uso del plaguicida, así como la oportunidad de comparar efectos en ambos cultivos, nos impulsó a realizarlo tanto en cerezos como en ciruelos.

4.6.2.- Dinocap

Químicamente es un dinitrofenolderivado que posee propiedades fungicidas y acaricidas. Aparece codificado con los n.ºs. 2912 y 3424 en la "Guía de Productos Fitosanitarios 78".

En general los compuestos fenólicos resultan tener una elevada toxicidad. Cuando el grupo acilo de los ésteres de determinados nitrofenoles posee cuatro o más átomos de C, la fitotoxicidad disminuye.

El producto técnico además de contener una mezcla de los isómeros: 2,4 dinitro - 6 (2, octil) - fenil - crotonato y 2,6 dinitro - 4 (2, octil) - fenil - crotonato contiene otros fenolderivados.



2,4 dinitro - 6 (2, octil) - fenil - crotonato

Es poco soluble en agua (250 ppm) y soluble en otros disolventes orgánicos (acetona, xileno, hexano).

Actúa por contacto y su uso está autorizado en frutales, vid, - hortícolas, plantas ornamentales, tabaco y lúpulo. El periodo de seguridad es de 21 días.

Se formula y presenta como:

- Líquido emulsionable al 60, 48 y 35% de riqueza, correspondiendo a dosis del producto comercial del 0,02 - 0,03%, 0,03 - 0,04% y 0,03 - 0,06% respectivamente.
- Polvo mojable para suspensiones al 18% de riqueza, el cual se utiliza a concentraciones comprendidas entre el 0,06% y el 0,12%.
- Polvo para espolvoreo al 0,73% de materia activa, utilizable a dosis de 30 Kg/Ha.

Producto comercial utilizado: IROKAR

- Composición: 18% DINOCAP
- Dosis de aplicación 0,06 - 0,012%
- Polvo mojable en envases de 1 Kg.

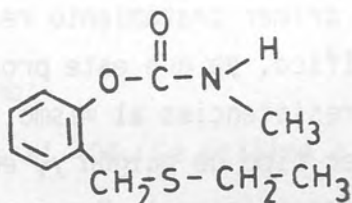
Es un antifúngico genérico de acción curativa y fulminante contra estos hongos. Va destinado a combatir las cenizas de estos frutales ("Erysiphe polygoni").

El tratamiento realizado en agosto del primer año de experiencias (1978) está un poco fuera de tiempo, como ya se comenta en otros apartados. Sin embargo, el realizado a primeros de mayo del segundo año de experiencias (1979) sí está realizado en fecha adecuada, pues es en este mes y en junio cuando tienen lugar los ataques, que pueden volver a darse en septiembre y octubre.

4.6.3.- Etiofencarb

Es un insecticida carbámico que aparece codificado con el número 1623 en la "Guía de productos Fitosanitarios 78".

Responde a la siguiente fórmula química:



2 - (etil - tio - metil) - fenil - metil - carbamato

Está considerado como un insecticida sistémico con un efecto muy específico sobre áfidos. Su eficacia se extiende incluso a las especies de estos parásitos resistentes a otros productos fitosanitarios.

Su utilización está autorizada en: frutales, cítricos, cereales - de invierno, maíz, arroz, patatas, remolacha, caña de azúcar, oleaginosas, algodón, ornamentales. Se debe observar un plazo de seguridad de 21 -- días.

Tiene un punto de fusión de 33,4°C; una presión de vapor de 10^{-4} mmHg a 30°C, y una solubilidad de 1,82 g/Kg de H₂O a 20°C.

Se formula como:

- Líquido emulsionable al 50% en materia activa, el cual se utiliza al 0,1% en agua.
- Gránulos al 10%. Se utiliza a razón de 20 Kg/Ha.
- Polvo para espolvoreo al 1,5%, a razón de 20 a 30 Kg/Ha.

Producto comercial utilizado: CRONETON 50 LE

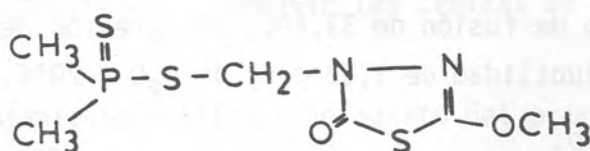
- 500 g/l de ETIOFENCARB
- Dosis: 0,1% = 100 mL/100 L de agua
- Líquido emulsionable en envase de 100 mL
- Miscible con fungicidas e insecticidas normales.

Se ha utilizado en el primer tratamiento realizado el año 1979 (Tabla IX) como aficida específico, ya que este producto no da prácticamente lugar a que se generen resistencias al mismo. Por ello su uso es muy específico contra cualquier tipo de pulgón y, en particular, contra el pulgón del cerezo (*Myzus cerasi* (negro), *Myzus persicae* (verde)) y -- del ciruelo (*Hyalopterus pruni*).

4.6.4.- Metidati6n

Es un insecticida-acaracida 6rganofosforado codificado con el n6mero 1454 en la "Guía de Productos Fitosanitarios 78". Posee una acci6n penetrante bastante pronunciada, llegando algunos autores a atribuirle ciertas connotaciones de producto sist6mico.

Pertenece a los 6steres dit6iofosf6rico y su f6rmula qu6mica es:



dit6iofosfato de 0,0 - dimetilo y de S - (2, metoxi, 5- oxo, 1,3,4, tiodiazolin, 4 - metil)

Son cristales coloreados, con un punto de fusión de 39-40°C y - una presión de vapor de 10^{-6} mm Hg a 20°C. Su solubilidad en agua es de 240 mg/L de H₂O.

Es un insecticida activo contra muchos insectos chupadores y de foliadores. Tiene establecido un plazo de seguridad de 21 días. Su uso está autorizado, entre otros cultivos, para: frutales, cítricos, florales y ornamentales.

Se formula como:

- Líquido emulsionable al 40%. Se utiliza a dosis comprendidas entre el 0,10 y 0,15%.

Producto comercial utilizado: ULTRACID 40 E

- 40% de Metidatió
- Dosis: 0,10 al 0,15% (100-150 mL en 100 L de H₂O).
- Envase de un L en forma de líquido emulsionable.

El Metidatió se suele aplicar en árboles frutales en el transcurso del periodo vegetativo de los mismos, siendo un plaguicida apropiado para luchar contra insectos homópteros, como las cochinillas. Su aplicación en ciruelos y cerezos va encaminada, fundamentalmente, a la lucha - contra: Cochinilla de San José (*Comstockaspis perniciosa*), diaspis (*Pseudacilacaspis pentagona*,) etc.

En realidad su acción "coccídica" (anti-cochinillas) es sustitutiva de la realizada por los polisulfuros, ya que la aplicación de estos productos en verano reporta un alto riesgo de producción de quemaduras - en el vegetal.

La aplicación del Metidatió se puede considerar, por tanto, como un tratamiento complementario a la aplicación invernal con polisulfuro de bario.

4.6.5.- Polisulfuro de bario

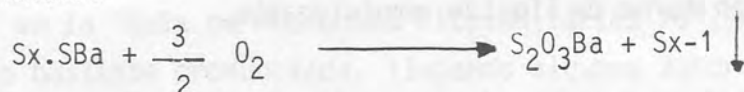
Es un producto fitosanitario codificado con los números 1211, -- 3118, (2110) en la Guía de Productos Fitosanitarios 78. Se le asignan va rios códigos porque posee acción como fungicida, insecticida y acaricida.

No tiene una fórmula química determinada, siendo una mezcla compleja a base de sulfuros, poslisulfuros, politíonatos y azufre libre. Se suele representar por la fórmula:



Una vez que el polisulfuro ha sido pedositado sobre la superficie de la planta puede sufrir una serie de cambios químicos entre los que cabe destacar los procesos debidos a la acción del CO_2 del aire o el desprendido por las plantas, procesos oxidativos e hidrolíticos.

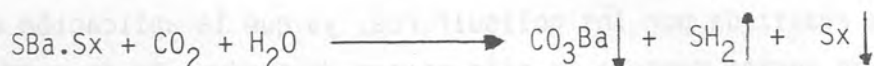
El oxígeno del aire descompone el polisulfuro en tiosulfuro y azu fre elemental:



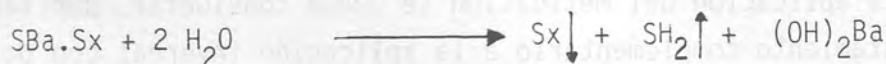
El tiosulfato es descompuesto también progresivamente por el oxígeno del aire dando azufre libre y sulfato



El CO_2 en forma de CO_3H_2 descompone con cierta prontitud el polisulfuro según la reacción:



También es posible que por acción de la humedad tenga lugar la siguiente reacción:



Puede llegar a constituirse un ciclo, puesto que el S precipitado puede llegar a redisolverse por acción de la humedad y del SH_2 dando de nuevo la forma polisulfuro.

Los polisulfuros suelen utilizarse como fungicidas contra oidios en vegetación y como insecticidas y fungicidas en tratamientos de invierno en frutales de hoja caduca. Su aplicación en época vegetativa es delicada y es necesario medir muy bien los factores concentración y temperatura ya que puede originar fitotoxicidad con una relativa facilidad. Por ello, la utilización más indicada es para tratamientos de invierno en -- plantas de hoja caduca.

Su utilización va dirigida, en general, a combatir huevos invernales de pulgones y formas invernantes de cochinillas y hongos fitopatógenos.

Se formula como:

- Polvo mojable al 63%, aplicándose según cultivos y estadíos a una concentración que puede oscilar entre el 0,5 y 6% del producto comercial.
- Líquido soluble al 36% y aplicable a dosis comprendidas entre 1,5 y 10%.

Producto comercial utilizado: SOLBAR

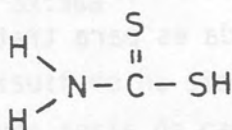
- Polvo mojable con 64% de polisulfuro de bario y 35% de azufre, en bolsas de 1 Kg.
- Se aplica al 4 - 5% con vegetación totalmente parada.

Su utilización va dirigida a la lucha contra: cochinillas (Piojo de S. José, "*Cmstockaspis perniciosa*"), ácaros (arañuela parda de los frutales: "*Bryobia praetiosa*") y, enfermedades criptogámicas.

4.6.6.- Zineb

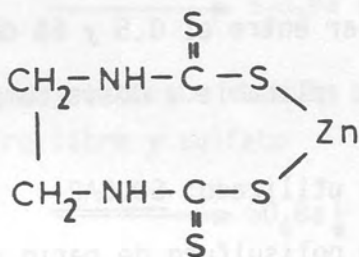
Codificado con el número 3215 en la Guía de Productos Fitosanitarios 78. Es un fungicida de amplio espectro que presenta poca fitotoxicidad, (solo la tienen plantas sensibles al Zn) y que se puede utilizar en un amplio número de cultivos (frutales, remolacha, tabaco, plantas hortícolas, etc.)

Es un derivado del ácido ditíocarbámico



ácido ditíocarbámico

respondiendo su fórmula a la siguiente estructura



Etilen - bis . ditíocarbamato de Zn

Es un polvo ligeramente coloreado y que se descompone a 110°C, antes de fundirse. Posee una presión de vapor que es inapreciable a temperatura ambiente y es poco soluble en agua (aproximadamente 10 mg/L). El plazo de seguridad establecido por la administración desde la última aplicación del producto y la recolección del fruto es de 15 días.

Se formula como:

- Polvo mojable al 80% el cual se utiliza como suspensiones al 0,25%.
- Polvo para espolvoreo al 10%, utilizable a razón de 20-25 Kg/Ha.

Producto comercial utilizado: FITONIL 80 FORTE

- Fungicida preventivo a base de 80% ZINEB
- Dosis de aplicación: 0,25% (250 g/100 L de H₂O)
- Polvo mojable en bolsas de 1 Kg

El ZINEB se utilizó en frutales de hoja caduca, ciruelos y cerezos, a mediados de agosto de 1978, junto a DINOCA y METIDATION. Corresponde al tratamiento nº 2 realizado en estos frutales durante el citado año. La fecha de realización es realmente algo tardía. Una serie de motivos de distinta índole obligaron a este retraso. Sin embargo, debido a que el objetivo del trabajo puede permitir una considerable flexibilidad, en lo que a fechas de aplicación se refiere y que el uso de estas materias activas es bastante común en la práctica, decidimos llevarlo a cabo.

El empleo del ZINEB va orientado a evitar determinadas enfermedades tales como:

Moniliosis, causada por "Monilia fructigena"

Lepra del ciruelo y cerezo, debidos a "Taphirina pruni y cerasi"

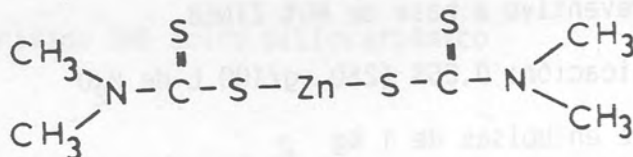
Cribado y perdigonado del cerezo (Cladosporium carpophilum)

El ciruelo es susceptible de padecer algunas enfermedades fúngicas tardías.

4.6.7.- Ziram

Tiene asignado el código 3225 en la Guía de Productos Fitosanitarios 78.

Igual que el ZINEB es un fungicida que deriva del ácido ditio--carbámico. Es un ditiocarbamato que posee la siguiente fórmula:



N,N - dimetilditíocarbamato de Zn

Es también un fungicida de amplio espectro que sólo presenta fitotoxicidad en aquellas plantas sensibles al Zn. El plazo de seguridad establecido es de 7 días.

Es un polvo de color muy claro, posee un punto de fusión de 240°C; el producto técnico funde entre 240 - 244°C. en un litro de agua se disuelven 65 mg del producto. En condiciones normales posee una elevada estabilidad. Se descompone por acción de los ácidos.

Se utiliza, preferentemente, en frutales y en plantas hortícolas.

Se formula como:

- Polvo mojable al 90%, el cual se utiliza a dosis comprendidas entre el 0,2 y 0,3%
- Polvo para espolvoreo al 10% a razón de 20-25 Kg/Ha

Producto comercial utilizado: POMARSOL Z FORTE

- Ziram al 90%

- Dosis de aplicación: 0,2% (200 g/100 L de agua)
- Polvo mojable en envases de 1 Kg

Este producto ha sido utilizado en los dos tratamientos llevados a cabo sobre frutales de hoja caduca en el año 1979, (las fechas indicadas en la Tabla IX).

Su aplicación va orientada a impedir enfermedades fúngicas. Incluso también se utiliza para evitar enfermedades fungosas durante el almacenamiento de los frutos. Es común su uso antes y después de la floración, así como también después de la recolección.

En concreto se ha buscado la protección de estos cultivos contra:

- Cribado o perdigonada, originada por "*Cladosporium carpophilum*"
- Contra hongos del género *Fusicoccium* "*Fusicoccium amygdali*" tanto para cerezo como para ciruelo.
- Contra el género "*Taphrina*, especies "*pruni* y *cerasi*"
- Contra monoliosis, etc.

4.7.- Muestreo

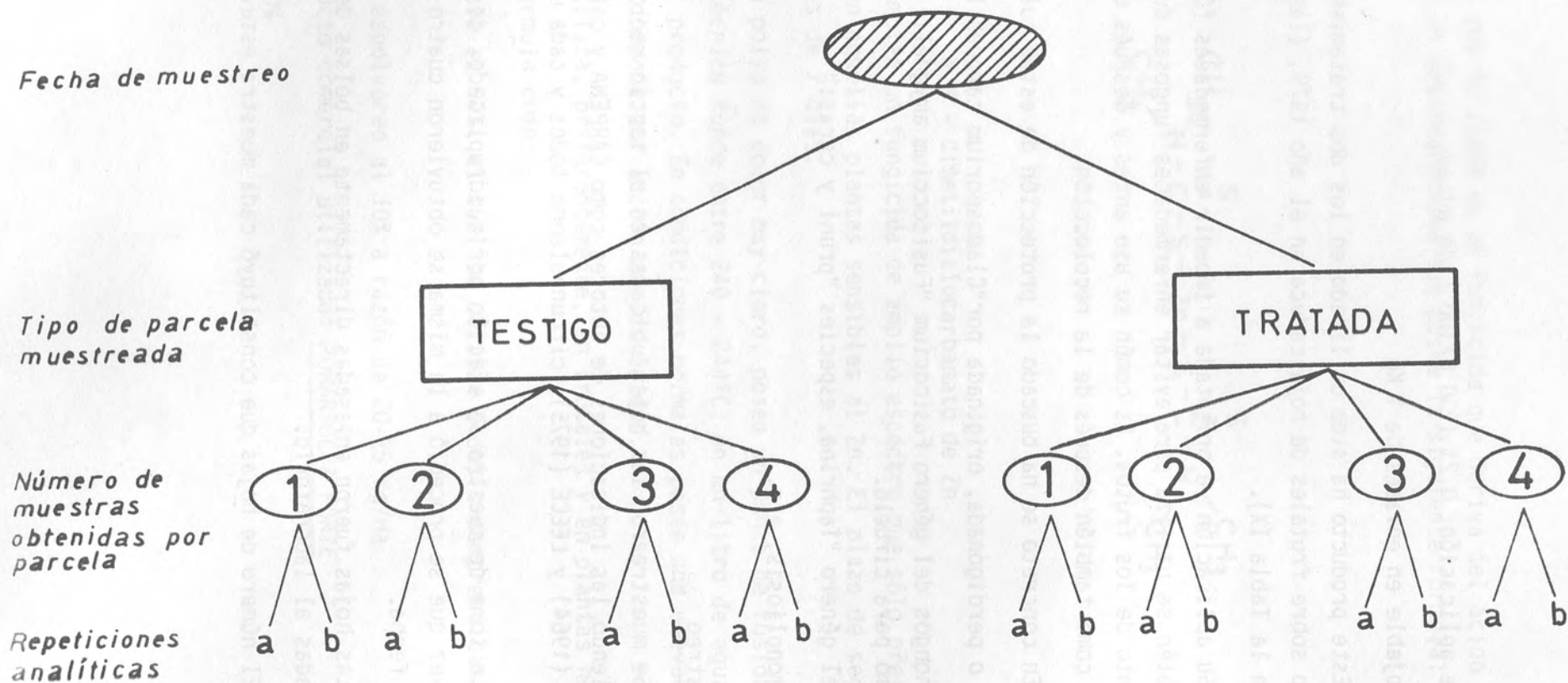
Se muestrearon las hojas ubicadas en el tercio medio de las ramitas, siguiendo las indicaciones de autores como CARPENA y col. (1968 b), KENWORTHY (1964) y LEECE (1975), circunvalando todos y cada uno de los árboles.

La toma de muestra se efectuó por cuadruplicado, de tal manera - que cada vez que se procedió a la misma se obtuvieron cuatro muestras por parcela y fecha.

Las hojas fueron envasadas directamente en bolsas de polietileno y trasladadas al laboratorio.

El número de hojas que constituyó cada muestra estuvo comprendi-

ESQUEMA DE TRABAJO



Gráfica 4

da con bastante aproximación dentro de los siguientes márgenes:

- Ciruelo: 60 - 80 hojas
- Cerezo: 40 - 60 hojas

La Gráfica 4 esquematiza el proceso de muestreo y recoge, asimismo, los dos procesos analíticos completos realizados sobre cada muestra para la determinación de cada uno de los elementos nutritivos estudiados.

A continuación se especifican las fechas, en las que se llevó a cabo, en ambos cultivos, la recolección de las muestras.

Primer año de experiencias (1978)

- Tratamiento 1: "Solbar" (Polisulfuro de bario, 1211)

18 - 5 - 78

1 - 6 - 78

14 - 6 - 78

3 - 8 - 78

- Tratamiento 2: "Fitonil 80 Forte" (zineb, 3215) + "Irokar" (dinocap, 2912) + "Ultracid 40 E" (metidación, 1454)

15 - 8 - 78

4 - 9 - 78

26 - 9 - 78

27 - 10 - 78

Segundo año de experiencias (1979)

- Tratamiento 1: "Cronetón 50 LE" (Etiofencarb, 1623) + "Irokar" (dinocap, 2912) + "Pomarsol Z forte" (Ziram, 3225)

10 - 5 - 79

18 - 5 - 79

3 - 6 - 79

- Tratamiento 2: "Pomarsol Z forte" (Ziram, 3225) + "Dimetoato 40" --
(dimetoato, 1553)

6 - 7 - 79

19 - 7 - 79

31 - 7 - 79

28 - 8 - 79

4.8.- Preparación de la muestra

Las muestras fueron lavadas el mismo día de la recogida. Cuando esta operación hubo de ser retrasada, se mantuvieron en frigorífico a una temperatura de 1 - 2°C y nunca por un espacio de tiempo superior a las 72 horas (LACHICA y SANCHEZ-ALONSO, 1980).

El método de lavado seguido fué el recomendado por LACHICA -- (1967), utilizando 500 ml de una solución de detergente "Mistol" al 1%, tomando cada una de las hojas por el peciolo y frotándola, por ambos lados, con un cepillo de cerda natural suave, seguido de un lavado en agua corriente y dos lavados sucesivos en agua desmineralizada. El tiempo invertido en esta operación fue de 20 - 25 segundos, por término medio, para cada hoja.

Las hojas, colocadas sobre papel de filtro, se introdujeron en estufa con corriente de aire a una temperatura de 65°C durante un periodo de tiempo comprendido entre 16 y 24 horas.

Posteriormente, las hojas secas fueron molidas en molinillo de café con receptáculo plastificado. Se utilizaron dos molinillos, uno para hojas tratadas y otro para hojas sin tratar, con el fin de evitar posibles contaminaciones.

El material molido se envasó en bolsas de polietileno. Antes de proceder a su análisis se traspasó cantidad suficiente a vasos de vidrio y fué colocado durante 16 horas en una estufa de aire a 65°C. Después -

se mantuvo en desecador durante, al menos, 30 minutos y se procedió a pesar la cantidad requerida.

4.9.- Mineralización de la muestra

Se realizó una primera mineralización por vía seca calcinando aproximadamente 2,0000 g de polvo vegetal durante un periodo de tiempo global de 4 horas a 450°C, en crisoles de cuarzo, modificando en este aspecto la metodología descrita por el C.I.I. (COMITE INTER-INSTITUTOS PARA EL ESTUDIO DE TECNICAS ANALITICAS DE DIAGNOSTICO FOLIAR) (1973). El mineralizado obtenido por este procedimiento nos permitió la determinación de los elementos P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu y B.

Para la determinación de N se utilizó la mineralización por vía húmeda propuesta por PAECH y TRACEY (1956) y descrita por LACHICA y col. (1965, 1973), consistente en emplear como mezcla mineralizadora ácido - sulfúrico concentrado y agua oxigenada del 30% (exenta de fósforo).

4.10.- Métodos analíticos utilizados

Los elementos Zn, Cu, Mn, Fe, Ca y Mg fueron determinados usando la técnica espectrométrica de Absorción Atómica en aparato Perkin-Elmer modelo 290B siguiendo el procedimiento descrito por el C.I.I. (1973), midiendo la llama oxidante aire-acetileno a la longitud de onda correspondiente a cada elemento.

Para el K se utilizó la técnica de Fotometría de llama, siguiendo las indicaciones del C.I.I. (1969).

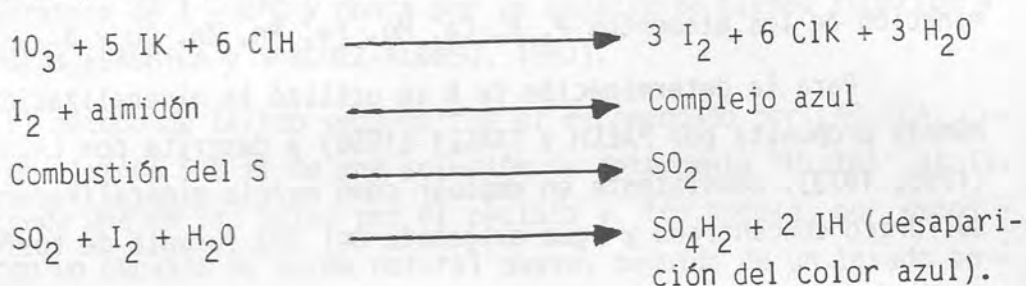
Para la determinación de los tres macronutrientes se diluyó convenientemente la solución mineralizada realizando las lecturas en las alícuotas correspondientes.

El P se determinó por Espectrofotometría de Absorción Molecular, utilizando el reactivo nitrovanadomolibdico y midiendo a 430 nm, la den

sidad óptica del complejo amarillo formado, según recomienda el C.I.I. (1969).

El B, por Espectrofotometría de Absorción Molecular, utilizando como reactivo la AZOMETHINA-H y midiendo a 410 nm la densidad óptica del complejo formado, según el método descrito por LACHICA (1976).

El S se determinó directamente sobre polvo vegetal seco utilizando un horno de inducción LECO según procedimiento descrito por CADA HIA (1971). Mediante un proceso de combustión apropiada, los diversos compuestos de azufre contenidos en el material vegetal, son liberados en forma de SO_2 , el cual es valorado en un matraz de reacción de acuerdo con el siguiente proceso.



El N fue determinado en la alícuota correspondiente del mineralizado sulfúrico-agua oxigenada utilizando un AUTOCANALIZADOR II de la casa TECHNICON. El amonio obtenido en el proceso de mineralización es determinado espectrofotométricamente mediante la reacción de Berthelot modificada de acuerdo con la metodología descrita por TECHNICON INSTRUMENTS CORPORATION (1976). El color verde desarrollado por la reacción del amonio, clorado por la acción del hipoclorito, con el salicilato sódico para dar 5 - aminosalicilato, es medido a 660 nm. La reacción está catalizada por nitroprusiato sódico y se desarrolla en un medio alcalino tamponado a pH 12,8 - 13,0.

Para la determinación de nitratos, se utilizó la metodología -- descrita por LOPEZ RITAS y col. (1978) basada en la medida espectrofotométrica del compuesto amarillo que se obtiene al hacer reaccionar el -

ión NO_3 con el ácido fenol 2,4-disulfónico y posterior alcalinización con hidróxido amónico. Los nitratos son extraídos con una solución debilmente ácida de sulfato de plata, la cual, al mismo tiempo, provoca la precipitación de los cloruros. La materia orgánica se destruye con agua oxigenada, pero este paso requiere la eliminación del exceso de iones Ag^+ ya que, de no ser así, se produciría una descomposición del peróxido de hidrógeno catalizada por dichos iones; esta eliminación se lleva a cabo con $\text{PO}_4\text{H}_2\text{Na}$. El exceso de éste provocaría la precipitación de Ca y Fe al alcalinizar el medio con NH_4OH , y ello originaría turbidez en el mismo. Para evitar este inconveniente se añade EDTA, el cual compleja los metales citados.

En el estudio de las fracciones foliares de Ca hemos seguido la metodología indicada por CARPENA y col. (1972b) consistente en extraer sucesivamente el Ca del polvo vegetal, previamente seco, con los disolventes: agua, NO_3Na 2N, $\text{CH}_3\text{-COOH}$ al 10% y ClH 2N, obteniendo así, de acuerdo con los estudios de ABUTALYBOV (1955, 1956) y de NADIR (1968), cuatro fracciones químicamente diferentes del Ca foliar. El Ca de cada una de estas fracciones se determinó, previa mineralización nítrico-perclórica, por espectrometría de absorción atómica.

El Fe soluble se determinó inspirados en los estudios de OSERKOWSKI (1933) y de acuerdo con las indicaciones de O' SULLIVAN (1969) y de LLORENTE y col. (1973).

4.11.- Análisis de los productos plaguicidas

Al considerar que los tratamientos plaguicidas podrían introducir, en forma apreciable, algún elemento químico que no formase parte de su materia activa y que pudiese distorsionar, por tanto, los resultados analíticos obtenidos en el análisis de las muestras vegetales, se consideró oportuno proceder a la determinación en estos productos de los elementos minerales a estudiar en las muestras vegetales.

4.11.1.- Mineralización de la muestra

El problema se abordó, realizando, en primer lugar, una mineralización nítrico-perclórica utilizando como referencia la metodología descrita por LACHICA y col. (1965). Se llevó a cabo en el aparato descrito por BETHGE (1954) y utilizando metavanadato amónico como catalizador y -dicromato potásico como indicador.

Esta mineralización es apropiada para la determinación de los -- elementos: S, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, y Cu.

En aquellos casos en los que junto al mineralizado, permanecía - un residuo insoluble, éste, previa separación, fue puesto, en cantidad - conocida en crisoles de platino, tratado con ácido fluorhídrico y llevado a sequedad en placa calefactora; esta operación se realizó por dos veces consecutivas. A cada crisol le fue añadido con posterioridad 1 mL de ácido clorhídrico concentrado y puesto en placa calefactora hasta la aparición de vapores. Esta solución fue filtrada sobre los mineralizados -- originales.

La permanencia de precipitado en el caso de SOLBAR nos indujo a - la realización sobre el mismo de una fusión alcalina simple y a la posterior investigación de Ca.

La composición de la materia activa del CRONETON 50 L -un nitroderivado-, así como la posibilidad de la existencia de algún nitrato en el material inerte de algún plaguicida nos sugirió la idea de realizar una mineralización sulfúrica con utilización de ácido salicílico y de zinc - en polvo como agentes reductores. Para ello, seguimos la metodología descrita por KILGORE (1964) que fue desarrollada por el Departamento de -- Agricultura USA (1957) y que utiliza OHg y SO_4K_2 como catalizador y sustancia salina elevadora del punto de ebullición, respectivamente. El exceso de metal es precipitado posteriormente con sulfuro sódico. Con objeto de poder determinar potasio en este mineralizado cambiamos el sulfato potásico por el sulfato sódico.

Además del potasio, se procedió a la determinación en este mineralizado de los elementos: Nitrogeno, Fósforo, Calcio y Magnesio.

Para la puesta en solución del Boro, debido a que las mineralizaciones por vía húmeda pueden ocasionar pérdidas de este elemento -ver - capítulo segundo de la Introducción- se procedió de la siguiente manera: A un peso conocido de cada plaguicida se le añadió 100 mg de óxido de Calcio y se sometió a carbonización en placa calefactora. Esta operación, como se sabe tiene por objeto suministrar la alcalinidad suficiente a la muestra para que no haya pérdidas de boro por volatilización. Posteriormente, se procedió a calcinar las muestras en horno de mufla a 450°C.

4.11.2.- Determinaciones analíticas

Las determinaciones analíticas se llevaron a cabo directamente sobre los mineralizados indicados en el apartado anterior o sobre las alícuotas correspondientes de los mismos utilizando las técnicas descritas para el análisis foliar. La única diferencia con lo allí descrito radica en que, en esta ocasión se determinaron los elementos: N, P, K, Ca y Mg en el mineralizado sulfúrico, utilizando el TECHNICON AUTOANALIZADOR II para la cuantificación de los tres primeros elementos.

El N y K se determinaron de acuerdo con las metodologías señaladas. Para la determinación del P se siguió el método propuesto por CAPITAN y MARTINEZ (1954) descrito por LACHICA y col. (1965). Está basado en la determinación del azul de Mo que se obtiene al reducir el complejo -- fosfomolíbdico con solución de amidol-sulfito sódico.

Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu fueron cuantificados mediante espectrometría de absorción atómica.

El S por el método turbidimétrico de LACHICA (1964a) consistente en medir a 410 nm la densidad óptica de una suspensión del sulfato bárico obtenida a partir del S de la muestra oxidado a sulfato en el proceso de mineralización y la adición de reactivo Cl_2 Ba - Tween 80.

4.12.- Análisis del detergente utilizado en el lavado de muestras vegetales

Se utilizaron los métodos de mineralización ya mencionados de LA CHICA y col. (1965, 1973).

En el mineralizado $\text{SO}_4\text{H}_2 - \text{H}_2\text{O}_2$ se determinó N, P, y K. En el $\text{NO}_3\text{H} - \text{ClO}_4\text{H}$: S, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu. Para la determinación de B se realizó una mineralización $\text{NO}_3\text{H} - \text{ClO}_4\text{H}$, pero sin utilizar $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ como indicador. (La mineralización se dió por terminada cuando el matraz se llenó de densos vapores procedentes del ácido perclórico.)

Las determinaciones analíticas se realizaron mediante las metodologías descritas en los apartados anteriores.

4.13.- Análisis de suelos

La determinación del pH se efectuó sobre una suspensión suelo-agua en relación 1:1. Después de una hora, tiempo en que se ha alcanzado el equilibrio, se midió con pH-metro.

El N se determinó según el método Kjeldahl, utilizando Se como catalizador y SO_4K_2 como elevador del punto de ebullición. La destilación y valoración de la sal amónica formada se llevó a cabo según la técnica descrita por Bouat y Crouzet (1965).

El P se extrajo con una solución acético-acetato-amónico y, en una alícuota del extracto filtrado, se determinó el P siguiendo la técnica -- propuesta por CAPITAN y MARTINEZ (1954), reduciendo el complejo fosfomolibdico con una solución de amidol-sulfito sódico. La determinación espectrofotométrica del azul de molibdeno se realizó a una longitud de onda de 820 nm.

Para la determinación de K se empleó la técnica de fotometría de llama. Como extractante se usó una solución acético-acetato amónico.

La determinación de carbonatos se basa en la medida volumétrica -- del CO_2 desprendido (a temperatura y presión constantes) por ataque del

suelo con ClH 1:1. El resultado es expresado como porcentaje de CO_3Ca .

El Ca activo se extrajo del suelo con oxalato amónico y se valoró el exceso de oxalato con MnO_4K de título conocido en medio sulfúrico. El resultado se expresa como CO_3Ca .

Para la materia orgánica se utilizó el método propuesto por LACHI CA y MONTESINOS (1961), consistente en la medida espectrofotométrica del Cr^{3+} originando como consecuencia de la reducción del $\text{Cr}_2\text{O}_7\text{K}_2$ en medio sulfúrico por la materia orgánica presente en el suelo.

Para el análisis mecánico se ha seguido la técnica propuesta por BOUYOUCOS (1951) y descrita por PRIMO YUFERA y CARRASCO-DORRIEN (1973) - para la determinación de la granulometría de la fracción menor de 2 mm. Se basa en la medida de la densidad de la dispersión suelo-agua a tiempos diferentes, de acuerdo con la ley de Stokes.

4.14.- Tratamiento estadístico realizado

Para poder evaluar de una manera objetiva la influencia que los tratamientos con los productos fitosanitarios ensayados hayan podido ejercer sobre el estado nutritivo mineral de los cultivos estudiados, se han sometido los resultados analíticos obtenidos a un análisis estadístico de la varianza, realizado mediante la planificación y ejecución de un diseño factorial.

En un tal diseño se investigan, simultáneamente, los efectos de -- cierto número de diferentes factores. Un factor es un ingrediente o una manipulación que interviene en un tratamiento. La cantidad de ingrediente empleado en el tratamiento recibe el nombre de nivel. Los tratamientos constan de todas las combinaciones que puedan formarse de los distintos factores.

Según corresponde a un diseño de este tipo cada efecto principal se estudia con la misma precisión que si todo el experimento se hubiese

hecho dedicado sólo a ese factor, por lo que, experimentalmente, resultan rentables y económicos. Proporciona, por sí mismo, una prueba para la suposición de independencia de los factores, en cuyo caso los efectos principales -diferencias entre las medias de los niveles de los factores- son las únicas cantidades necesarias para describir completamente las consecuencias de las variaciones del factor. Del mismo modo, permite obtener los efectos diferenciales de un factor sobre otro, es decir, las interacciones o modificaciones de tendencia, siendo ésta una de sus ventajas inherentes. Sin embargo, aunque las interacciones no estén presentes los resultados son más ampliamente aplicables, puesto que los tratamientos principales se prueban para un intervalo de condiciones -- más amplio.

En el caso que nos ocupa, el factorial utilizado es el del tipo $2 \times n$, en el que un factor es el tratamiento plaguicida aplicado a los niveles T_0 (sin producto plaguicida) y T_1 (a la concentración indicada en el apartado correspondiente) y, el otro es el tiempo. La razón por la que este factor lo denominamos con la letra "n" es porque sus niveles (número de muestreos realizados a lo largo del tiempo) difieren de unas experiencias a otras.

La primera fase de los cálculos estadísticos realizados para cada tratamiento y cultivo y que aparece en las tablas correspondientes - al epígrafe "Análisis preliminar de la varianza", consiste en la subdivisión de la suma de cuadrados de los tratamientos en tres componentes principales:

- Efecto del tratamiento (T)
- Efecto de la recogida (R)
- Interacción tratamiento x recogida (T x R).

Este análisis preliminar proporciona las primeras conclusiones - en cuanto a los efectos de estos factores, aunque se hace necesario recalcar que lo que ofrece es el efecto promedio de los mismos y, sin em-

bargo, en la práctica son muchos los investigadores que dan por finalizado en este punto el análisis estadístico de los resultados experimentales o analíticos.

Es conveniente recordar, llegado este punto, que nuestro objetivo no radica únicamente en verificar si un determinado tratamiento plaguicida altera el contenido (global o inmediato) de alguno de los nutrientes estudiados sino que, además, consiste en determinar si la dinámica foliar de dicho nutriente se ve modificada de alguna manera, lo que estadísticamente debe quedar reflejado en la obtención de valores altos en las $F_{exp.}$ correspondientes a la interacción de los dos factores estudiados. Por tanto, cuando las interacciones son significativas -lo que indica que la evolución temporal de los contenidos foliares está condicionada por el tratamiento- la interpretación correcta de los efectos de los factores precisa un examen más detenido, y la simple presentación de una tabla del análisis de la varianza puede resultar inadecuada e incluso desorientadora, ya que tendencias evolutivas opuestas pueden llegar a enmascarar totalmente la acción de algún factor.

Un análisis más profundo requiere estudiar los efectos de un factor a cada uno de los niveles del otro factor e, incluso, más sutilmente, examinar individualmente los niveles de cada factor a los distintos niveles del otro. Una descripción de este tipo es mucho más precisa que la simple afirmación o negación de la existencia de efectos principales.

De acuerdo con lo que antecede, hemos continuado nuestro análisis estadístico estudiando la tendencia o dinámica evolutiva de cada elemento a lo largo del tiempo a cada uno de los niveles del factor tratamiento, es decir, a los niveles T_0 y T_1 , presentando los resultados obtenidos para las $F_{exp.}$ en las tablas correspondientes bajo el epígrafe de "Tendencias evolutivas o Dinámica foliar".

Hemos asociado la cantidad de cambio de cada nutriente con periodos concretos de tiempo mediante la utilización de una curva de tipo po-

linómico, fundamentados en que el polinomio es la expresión matemática más ampliamente utilizada para describir la relación entre dos variables y, también en que siempre es posible, sin importar el número de pares de observaciones que tengamos, el calcular una curva polinómica que ajuste exactamente a cada punto. El grado del polinomio que se requiere para que esto se realice es, a lo sumo, uno menos que el número de observaciones realizadas.

El grado del polinomio hasta el cual hemos llegado en este estudio sobre el ajuste de tendencias, ha estado en función del número de muestreos realizados con posterioridad a cada tratamiento.

En muchas ocasiones, la dinámica foliar de los nutrientes quedaba ajustada por curvas polinómicas de distintos grados y, aunque la representación por un polinomio de grado "m" significa un mejoramiento del ajuste de la curva sobre otro de grado "m - 1", la coincidencia señalada, apuntaba la necesidad de conocer si esas curvas poseían la misma pendiente, puntos de curvatura, inflexión, etc... es decir, en conocer cuál de esas curvas explicaba sustancialmente el distinto comportamiento entre ambos tipos de muestras. Esto se resolvió descomponiendo la interacción de los factores principales en el mismo número de tendencias que las efectuadas en el análisis de cada uno de los niveles del factor tratamiento respecto al factor tiempo, presentándose en la tabla correspondiente bajo el epígrafe "Descomposición de la interacción".

También se ha realizado, como apoyo a la interpretación del efecto del tratamiento, el estudio de cada uno de los niveles del factor tiempo o recogida a cada uno de los niveles del factor tratamiento, es decir, la comparación entre muestras tratadas y no tratadas para cada fecha de muestreo. Los resultados obtenidos se han recogido en las gráficas correspondientes a la evolución foliar de los nutrientes a lo largo del tiempo.

El estudio estadístico descrito anteriormente se ha llevado a cabo realizando la partición de los grados de libertad y de la suma de cuadrados de los tratamientos en comparaciones componentes mediante la técnica de los contrastes ortogonales. Este tipo de comparaciones son - aquellas que se pueden formar con los diferentes niveles de un tratamiento, asignándole a cada nivel un coeficiente de forma que se cumplan las condiciones de ortogonalidad -lo que lleva implícito que las comparaciones efectuadas sean independientes- y que son:

- I) Dentro de una misma comparación la suma de coeficientes ha - de ser cero.
- II) Entre los varios contrastes que se pueden formar dentro de un mismo factor, la suma de los productos de los coeficientes correspondientes de dos comparaciones cualesquiera ha de ser -- igual a cero.

En esencia, se trata de descomponer la suma de cuadrados correspondientes al factor considerado en otras sumas parciales que divididas por 1 grado de libertad nos darán un nuevo cuadrado medio para cada contraste. Esta suma de cuadrados parcial asociada con un sólo grado de libertad se puede encontrar a partir de un conjunto de coeficientes, mediante la fórmula general:

$$SC = (\sum C_i T_i)^2 / (r \sum C_i^2)$$

donde C_i son los coeficientes ortogonales apropiados para la componente a estudiar, teniendo en cuenta los intervalos de tiempo transcurridos entre las observaciones realizadas. T_i son los totales del tratamiento y r es el número de repeticiones realizadas.

No es necesario agotar todos los grados de libertad, es decir, - hacer tantos contrastes como grados de libertad tengamos ya que, si hay alguno que complete la descomposición ortogonal y no estamos interesados

en él, no nos sirve de nada, pudiéndose dejar como una suma de cuadrados residual. Esta, dividida entre los grados de libertad que queden sin descomponer, nos permite comprobar si los contrastes analizados agotaron ya toda la variabilidad atribuida al factor o aún queda algo de ella en lo que no hemos descompuesto.

Son muchos los grupos de contrastes ortogonales que se pueden realizar, y es el investigador quién, según su criterio y objetivos, determina aquel o aquellos grupos a probar.

Por razones de simplificación, y a excepción de la tabla que recoge el análisis preliminar de la varianza, el resto sólo recoge las $F_{exp.}$ para los contrastes descompuestos ya hasta un solo grado de libertad.

Cuando en una tabla de resultados aparece un guión en lugar de un valor F , ello nos está indicando que aquella descomposición no nos ha sido necesaria calcularla ni para interpretar ni para verificar resultados anteriores.

Por último, dejar constancia de que las obras que nos han servido de guía para realizar el análisis de los datos obtenidos, han sido -- las de los autores LI (1977), LITTLE y HILLS (1976) y COCHRAN y COX (1980).

5.- PRIMER AÑO DE EXPERIENCIAS (1978)

De una forma genérica podríamos describir las fases seguidas en base al siguiente esquema:

- Descripción de los resultados analíticos obtenidos y de las inferencias que del proceso estadístico de los mismos se puedan obtener, separados por años, cultivos y tratamientos para los dos estudios propiamente dichos.
- Comentarios acerca de los efectos que cada tratamiento puede ejercer, contemplando la relación que pueda existir entre la composición del suelo y los efectos observados, así como la información fisiológica obtenida.
- Análisis y discusión del estado nutritivo de las parcelas experimentales bajo los puntos de vista relativos a la concentración o zona óptima de nutrientes y a algunos aspectos de la nutrición equilibrada.
- Una inspección sobre las alteraciones nutritivas observadas en las parcelas tratadas, introduciéndonos en aspectos de tipo fisiológico y bioquímico que pudieran estar directamente relacionados con las mismas.

RESULTADOS OBTENIDOS Y DISCUSION

Antes de proceder al desarrollo del esquema descrito, hemos creído oportuno reseñar los resultados obtenidos en el análisis del detergente utilizado en el lavado de las muestras vegetales.

5.- PRIMER AÑO DE EXPERIENCIAS (1978)

De una forma genérica podríamos describir las facetas seguidas en base al siguiente esquema:

- Descripción de los resultados analíticos obtenidos y de las inferencias que del proceso estadístico de los mismos se pueden obtener, jerarquizados por años, cultivos y tratamientos para las dos especies frutales propiamente dichas.
- Comentarios acerca de los efectos que cada tratamiento puede ejercer, contemplando la relación que pueda existir entre la composición del pesticida y los efectos observados, así como la información bibliográfica obtenida.
- Análisis y discusión del estado nutritivo de las parcelas experimentales bajo los puntos de vista relativos a la concentración o zona óptima de nutrientes y a algunos aspectos de la nutrición equilibrada.
- Una prospección sobre las alteraciones nutritivas observadas en las parcelas tratadas, introduciéndonos en aspectos de tipo fisiológico y bioquímico que pudieran estar directa o indirectamente relacionados con las mismas.

Antes de proceder al desarrollo del esquema descrito, hemos creído oportuno reseñar los resultados obtenidos en el análisis del detergente utilizado en el lavado de las muestras vegetales.

5.1.- Análisis del detergente utilizado en el proceso de lavado del material vegetal

Los resultados obtenidos están recogidos en la Tabla X

TABLA X

<u>Elemento</u>	<u>Concentración estimada en el producto comercial "Mistol"</u>
Nitrógeno	1,36%
Fósforo	- -
Potasio	52 mg/Kg
Calcio	64 mg/Kg
Magnesio	22 mg/Kg
Azufre	2,00%
Hierro	7 mg/Kg
Manganeso	4 mg/Kg
Cobre	- -
Zinc	3 mg/Kg
Boro	- -

Los altos valores obtenidos para los elementos N y S - 1,36% y 2%, respectivamente- son lógicos dentro de este tipo de productos.

La concentración obtenida para el resto de los elementos analizados carece absolutamente de significación, máxime cuando el detergente fue utilizado en disolución acuosa al 1% (v/v).

En estas condiciones, la solución de lavado contendría, aproximadamente 200 mg de S/Kg de solución y 136 mg de N/Kg de solución.

Dadas las concentraciones foliares de N que poseen los cultivos

estudiados, no parece tener importancia práctica, a efectos de contaminación, la concentración de este elemento en la solución de lavado. Sin embargo, al ser la concentración foliar media de S inferior en más de 16 veces a la de N, sí podría verse afectada, en principio, la concentración de este elemento.

No obstante, como ya se ha indicado, el lavado se completa con dos enjuagues en agua bidestilada, lo que debe de obviar una posible contaminación superficial de la hoja, procedente de la solución de lavado. Además, ni LACHICA (1967), ni SANCHEZ-ALONSO (1977) encontraron diferencias significativas para este elemento entre hojas de olivo lavadas con solución de "Mistol" al 1% y hojas no lavadas.

5.2.- Discusión estadística de los resultados analíticos obtenidos en el primer año de experiencias (1978)

5.2.1.- Ciruelos. Tratamiento primero: "Solbar" (polisulfuro de bario, - 1211, 3118).

Los valores hallados en el análisis estadístico de los resultados obtenidos están compendiados en las Tablas XI, XII y XIII.

En la primera de las Tablas citadas se recogen los resultados obtenidos en el análisis preliminar de la varianza. En la Tabla XII las tendencias que, a lo largo de los distintos muestreos realizados, presentan tanto muestras testigos como tratadas. En la última de ellas figura la descomposición realizada a la interacción de los efectos principales para aquellos casos en los que se alcanzaron o rozaron cotas de significación estadística.

En las Gráficas 5 a 15 se han representado las significaciones estadísticas pormenorizadas para cada muestreo realizado, además de todo el detalle acerca de los resultados experimentales obtenidos.

TABLA XI

ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Ciruelos. Primer año de experiencias (1978). Tratamiento primero.

<u>Fuentes de variación</u>	<u>gl</u>	<u>Fexp</u>						<u>F requerida</u>		
		<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Efecto del tratamiento (T)	1	53,12	45,00	1696,47	0,20	48,28	44,44	4,24	4,77	14,03
Efecto de la recogida (R)	3	3,13	199,13	153,65	310,29	150,80	1,96	3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción (TxR)	3	2,99	3,93	26,24	6,01	7,19	2,99			
Varianza del error	24	$22 \cdot 10^{-3}$	$15 \cdot 10^6$	$155 \cdot 10^7$	$45 \cdot 10^{-4}$	$17 \cdot 10^{-5}$	$11 \cdot 10^{-5}$			

<u>Fuentes de variación</u>	<u>gl</u>	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Efecto del tratamiento (T)	1	0,15	62,23	0,43	3,74	4,51	4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida (R)	3	804,62	1,14	14,00	25,52	58,74	3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción (TxR)	3	59,63	5,84	0,71	0,29	0,24			
Varianza del error	24	1,84	1,06	0,29	0,68	0,80			

TABLA XII

DINAMICA FOLIAR. Ciruelos. primer año de experiencias. (1978). Tratamiento primero.

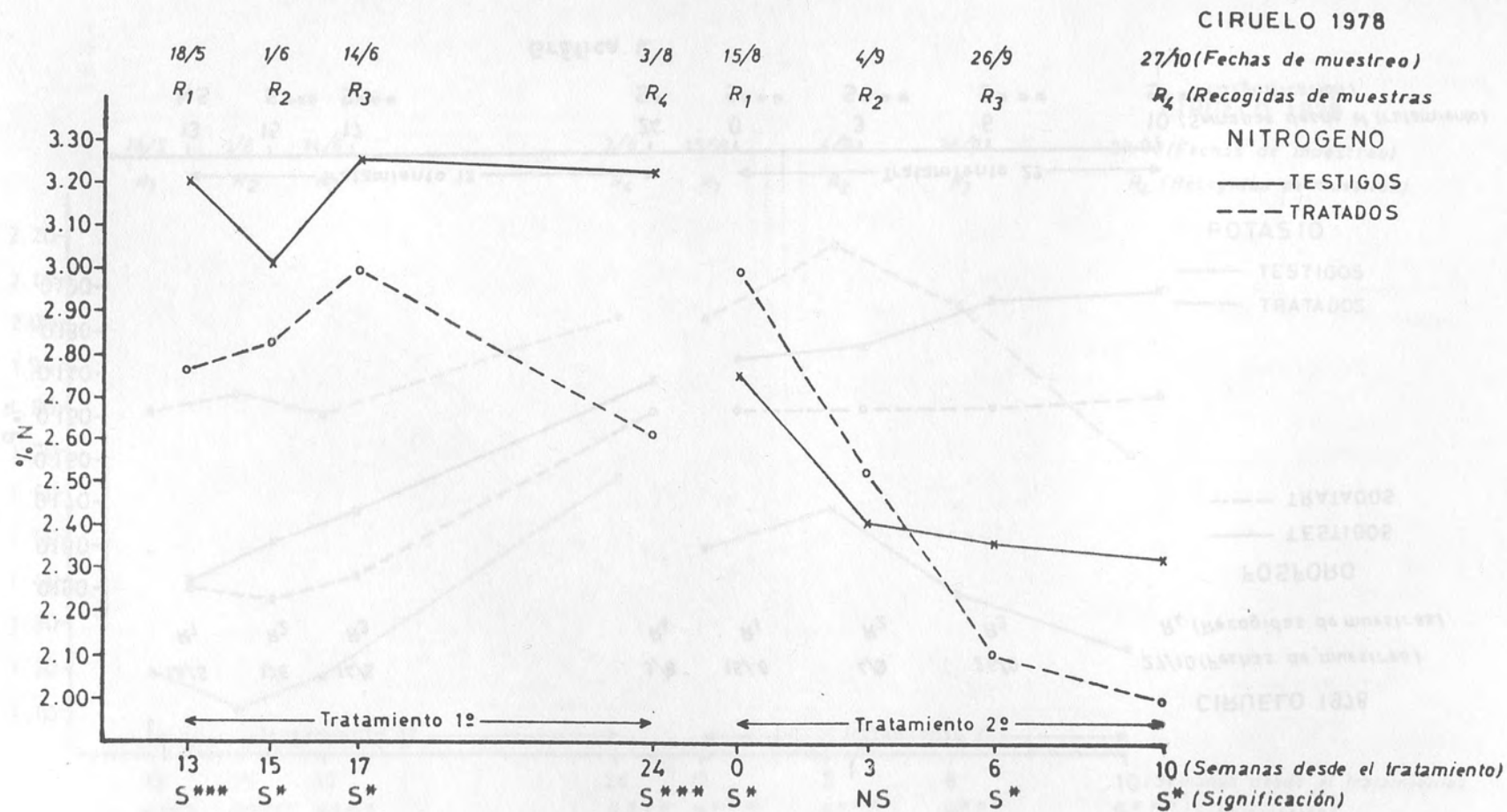
Fuentes de variación	gl	F _{exp.}						F requerida		
		<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
<u>Muestras testigo</u>	3									
Tendencia lineal	1	0,65	309,6	371,67	592,55	310,58	4,69	4,24	7,77	14,03
Tendencia cuadrática	1	26.10 ⁻⁴	1,56	74,51	0,13	5,11	5,11			
Tendencia cúbica	1	3,21	0,04	0,25	6,08	16,52	3,34			
<u>Muestras tratadas</u>	3									
Tendencia lineal	1	3,18	285,30	73,16	344,69	143,52	1,30			
Tendencia cuadrática	1	8,77	37,07	11,93	1,41	1,37	2,25			
Tendencia cúbica	1	1,13	0,37	5,22	3,80	10,26	2,00			

Fuentes de variación	gl	F _{exp.}					F requerida		
		<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
<u>Muestras testigo</u>	3								
Tendencia lineal	1	1749,40	9,70	10,37	46,32	65,08	4,24	7,77	14,03
Tendencia cuadrática	1	105,37	7,08	16,44	0,17	31,52			
Tendencia cúbica	1	13,37	1,38	4,79	0,10	0,49			
<u>Muestras tratadas</u>	3								
Tendencia lineal	1	534,86	14,16	6,13	30,35	53,59			
Tendencia cuadrática	1	173,01	56.10 ⁻⁴	9,44	0,15	26,69			
Tendencia cúbica	1	1,84	0,62	1,60	0,04	0,38			

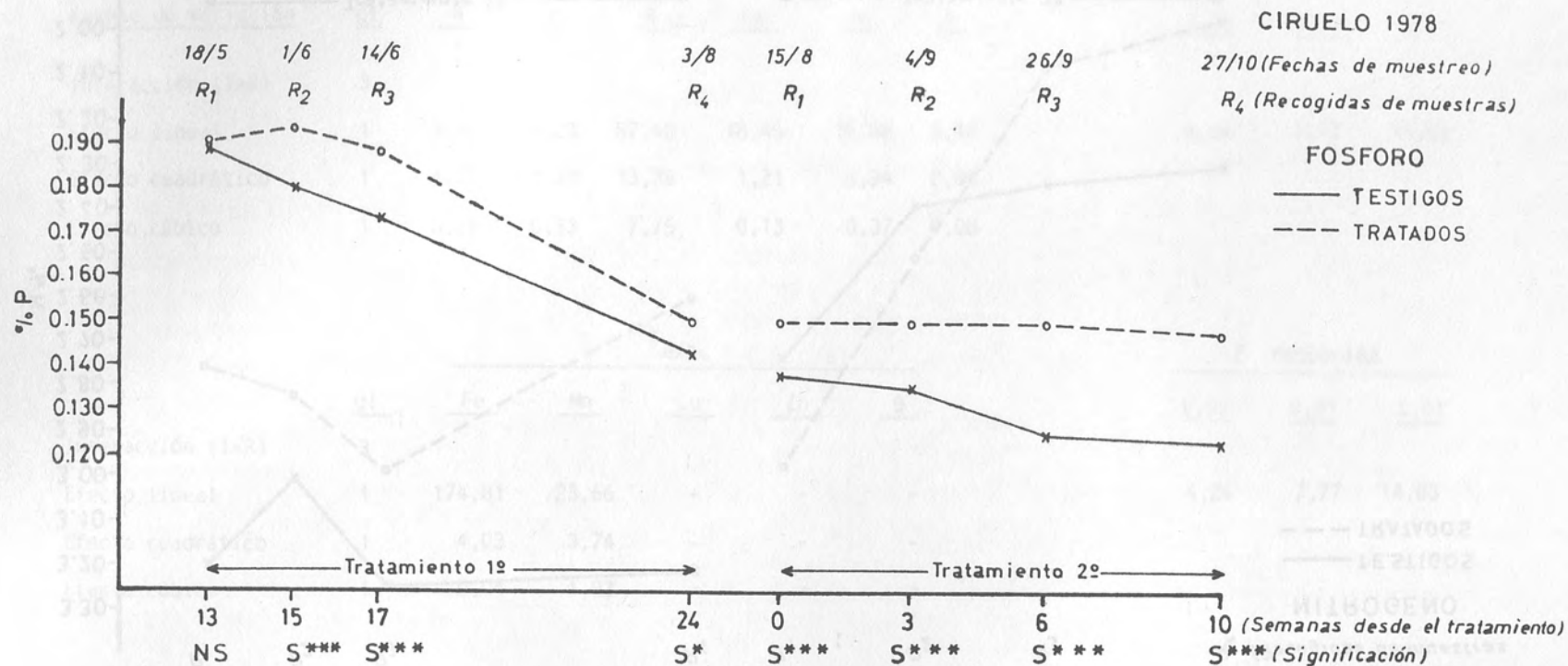
TABLA XIII
Descomposición de la Interacción
Ciruelos.Primer año de experiencias (1978).Tratamiento primero

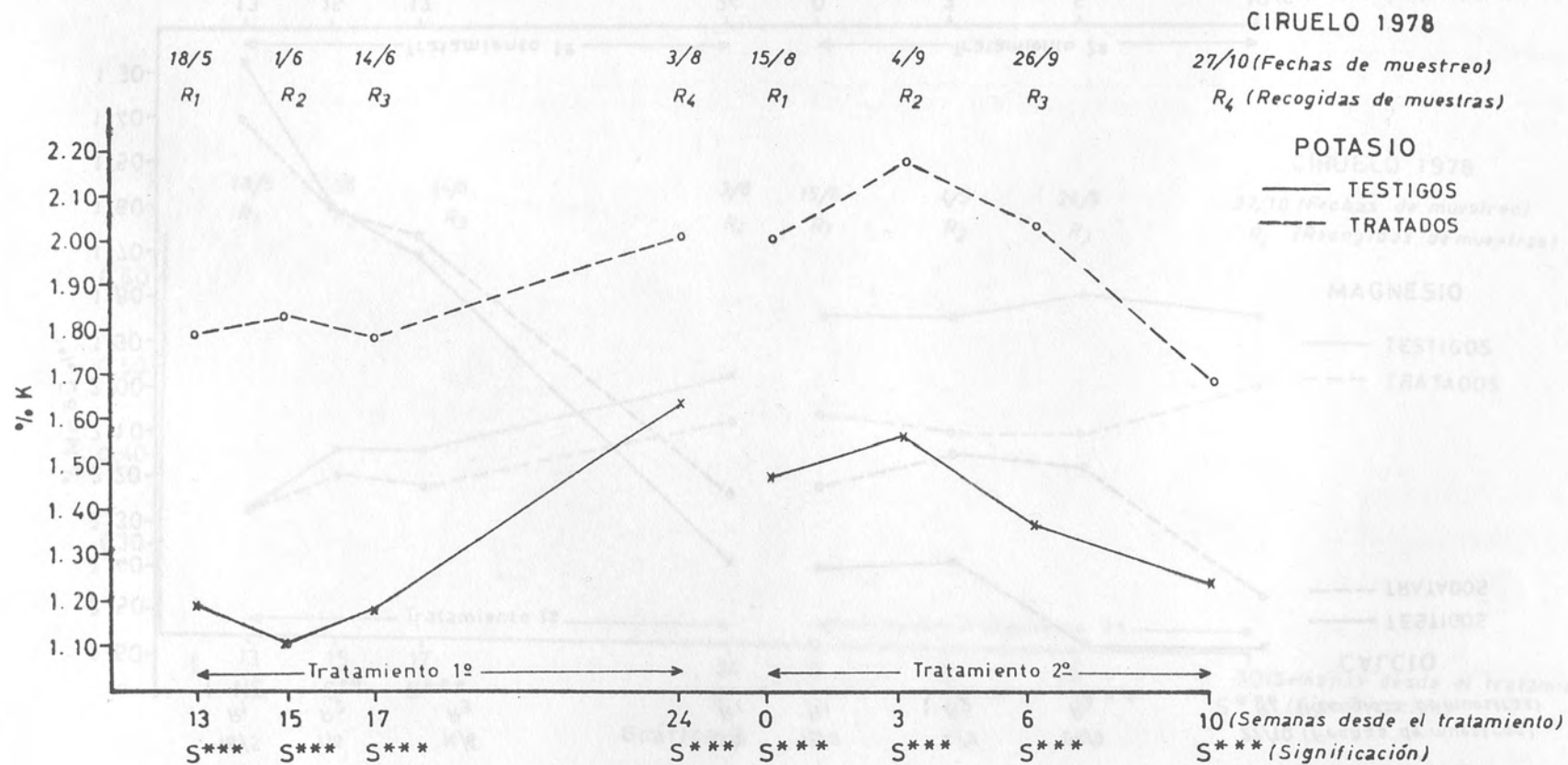
Fuente de variación	gl	F _{exp}						F requerida		
		N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,01
Interacción (TxR)	3									
Efecto lineal	1	3,38	0,23	57,40	18,45	15,88	5,48	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	4,25	11,70	13,39	1,21	5,94	2,84			
Efecto cúbico	1	0,26	0,33	7,75	0,13	0,37	0,08			

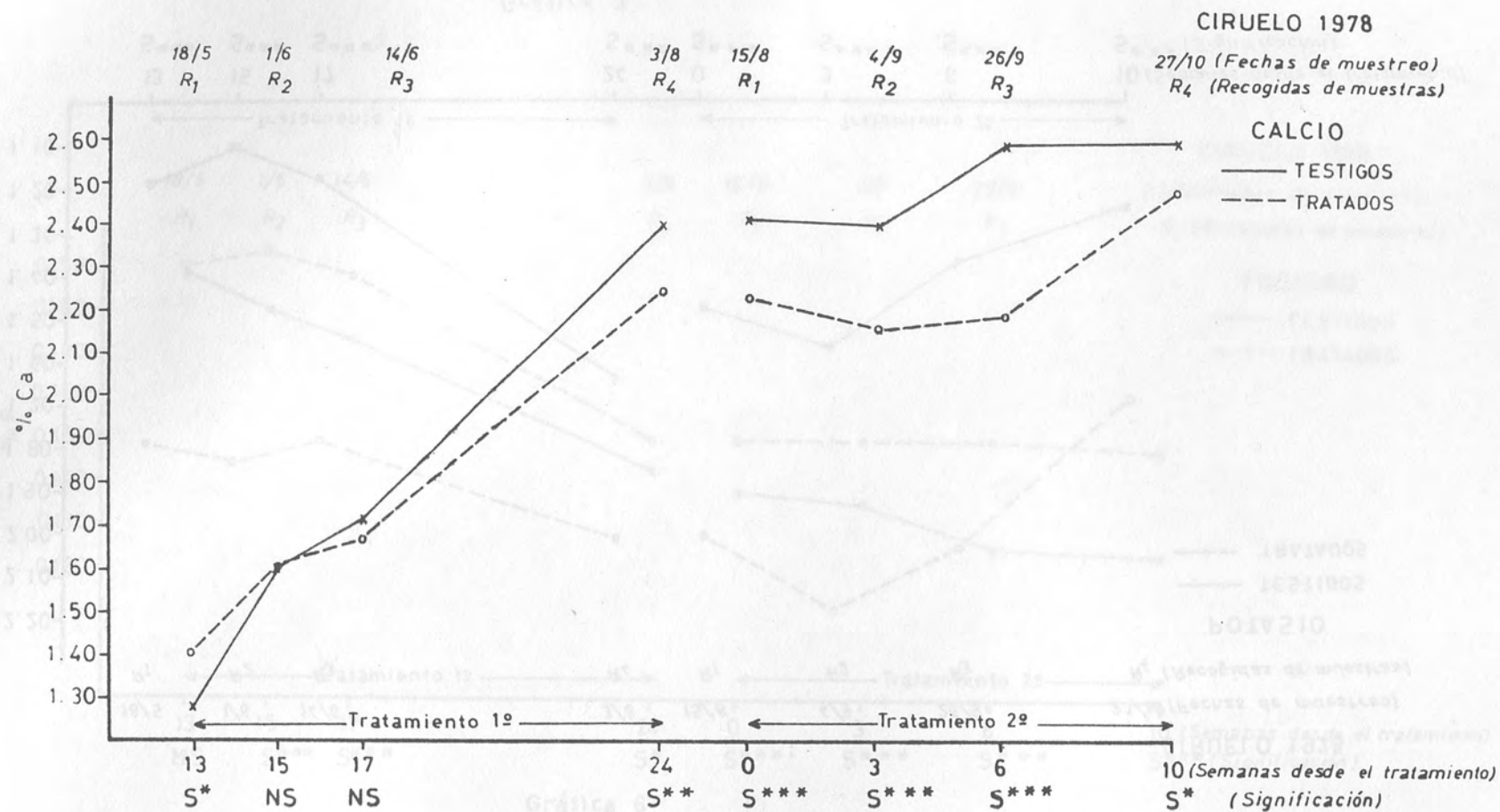
	gl	F _{exp.}					F requerida		
		Fe	Mn	Cu	Zn	B	0,05	0,01	0,01
Interacción (TxR)	3								
Efecto lineal	1	174,81	23,66	-	-	-	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	4,03	3,74	-	-	-			
Efecto cúbico	1	0,04	1,92	-	-	-			

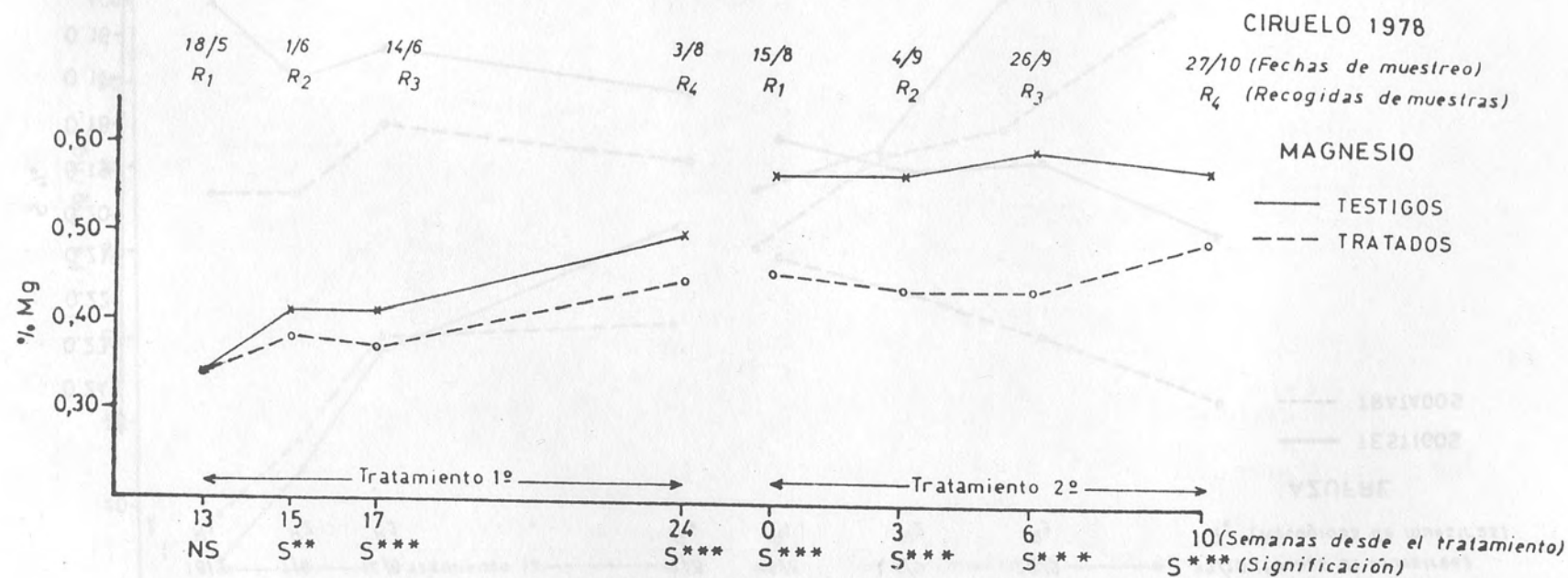


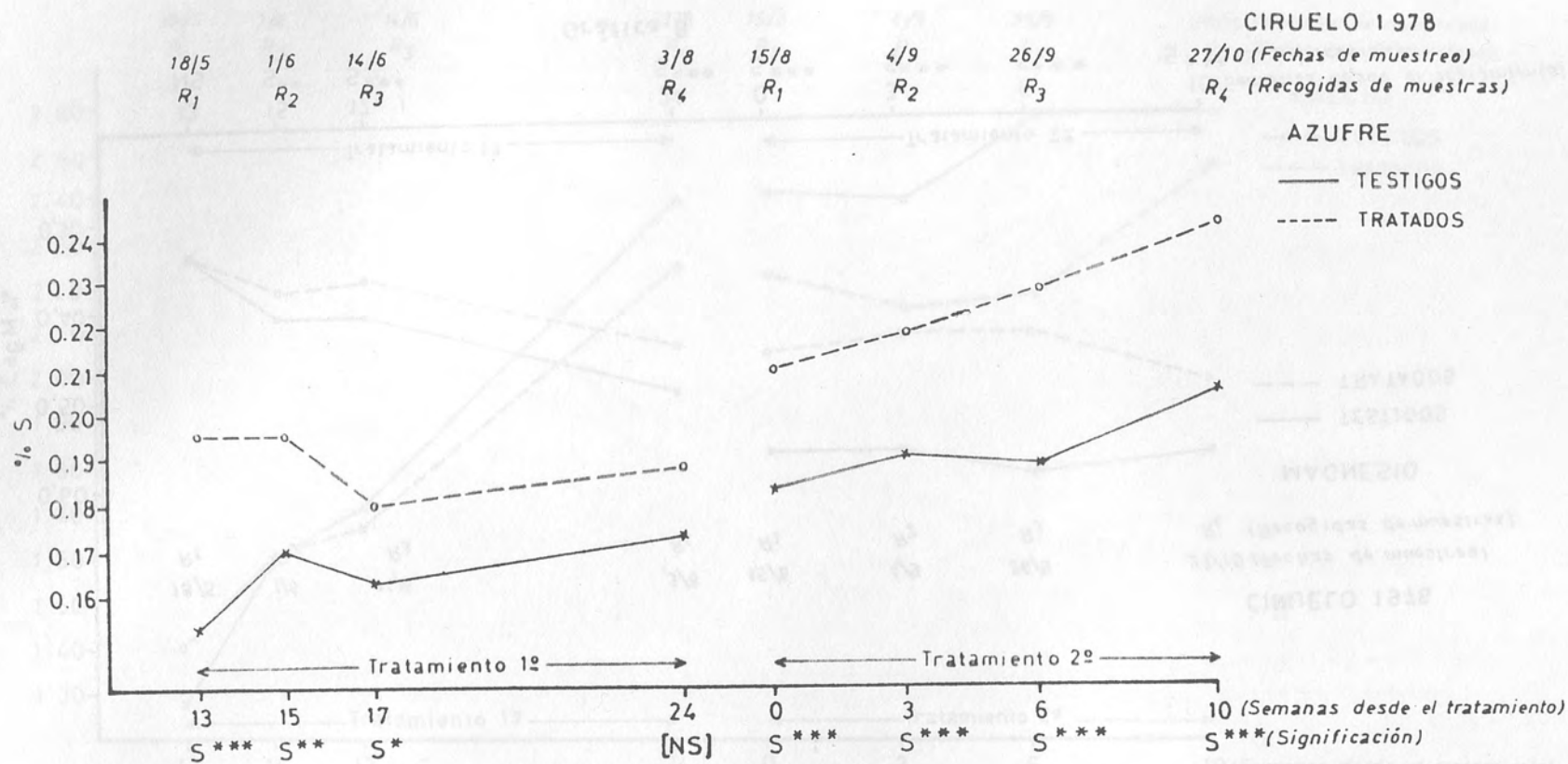
Gráfica. 5

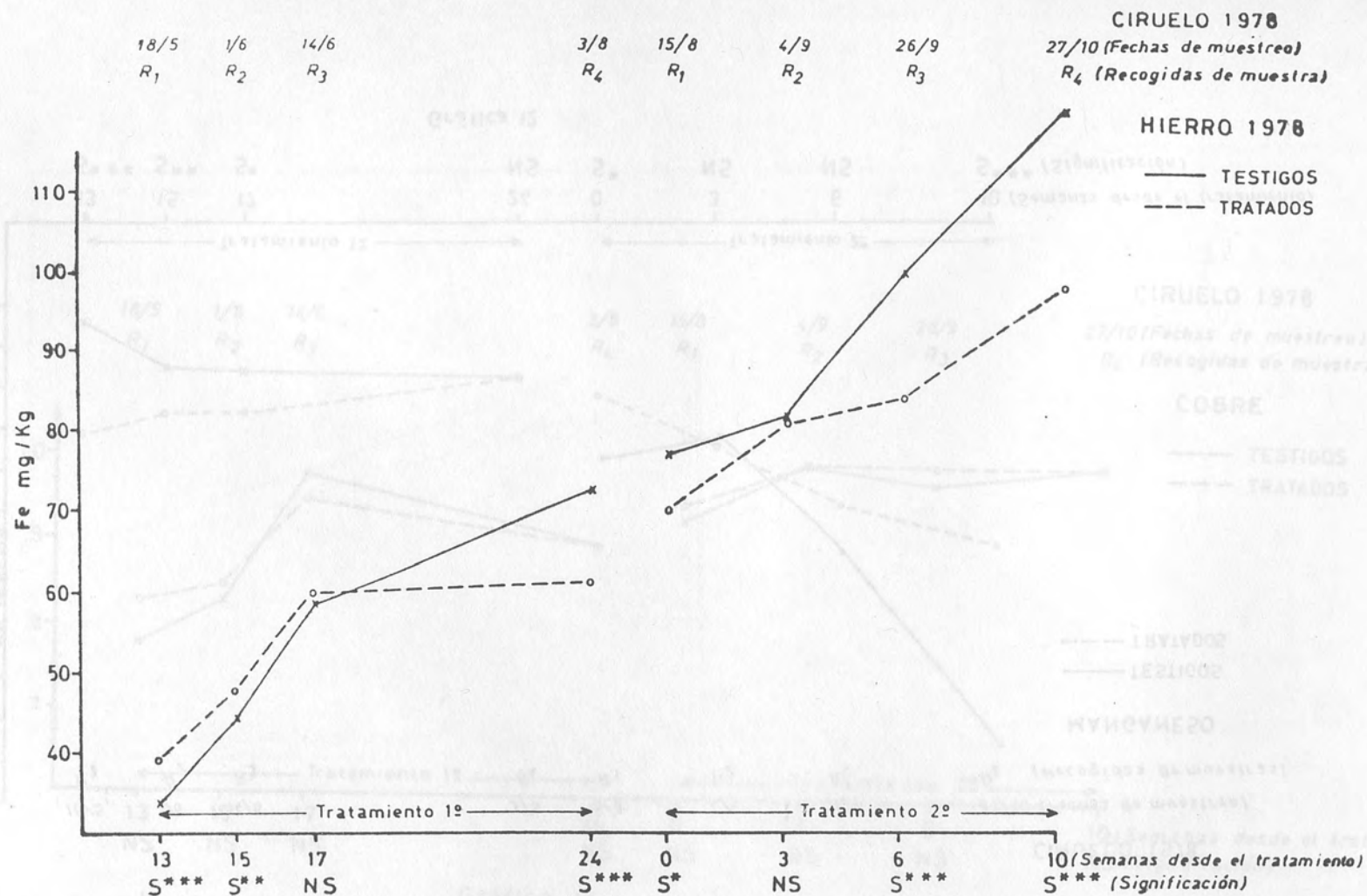


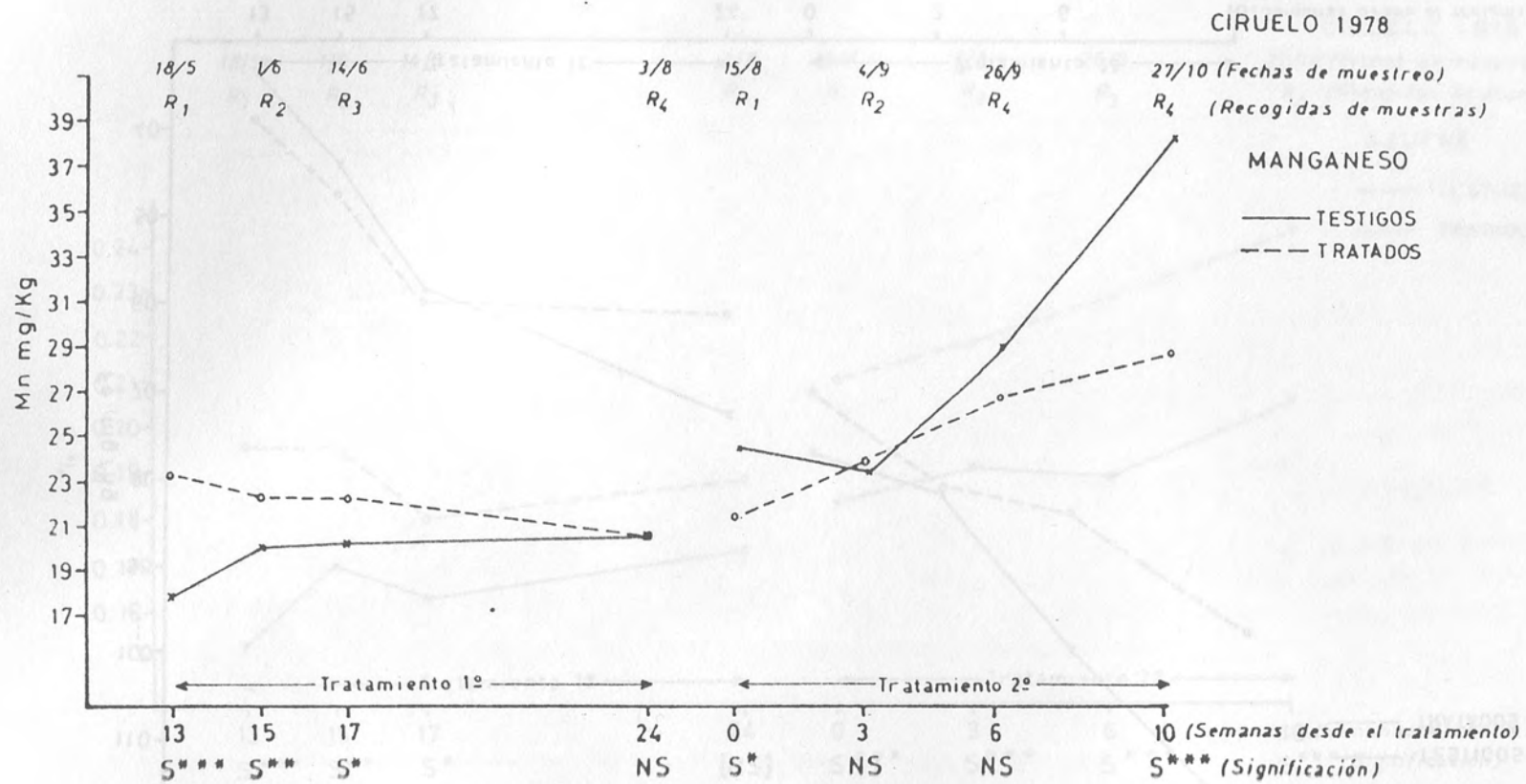




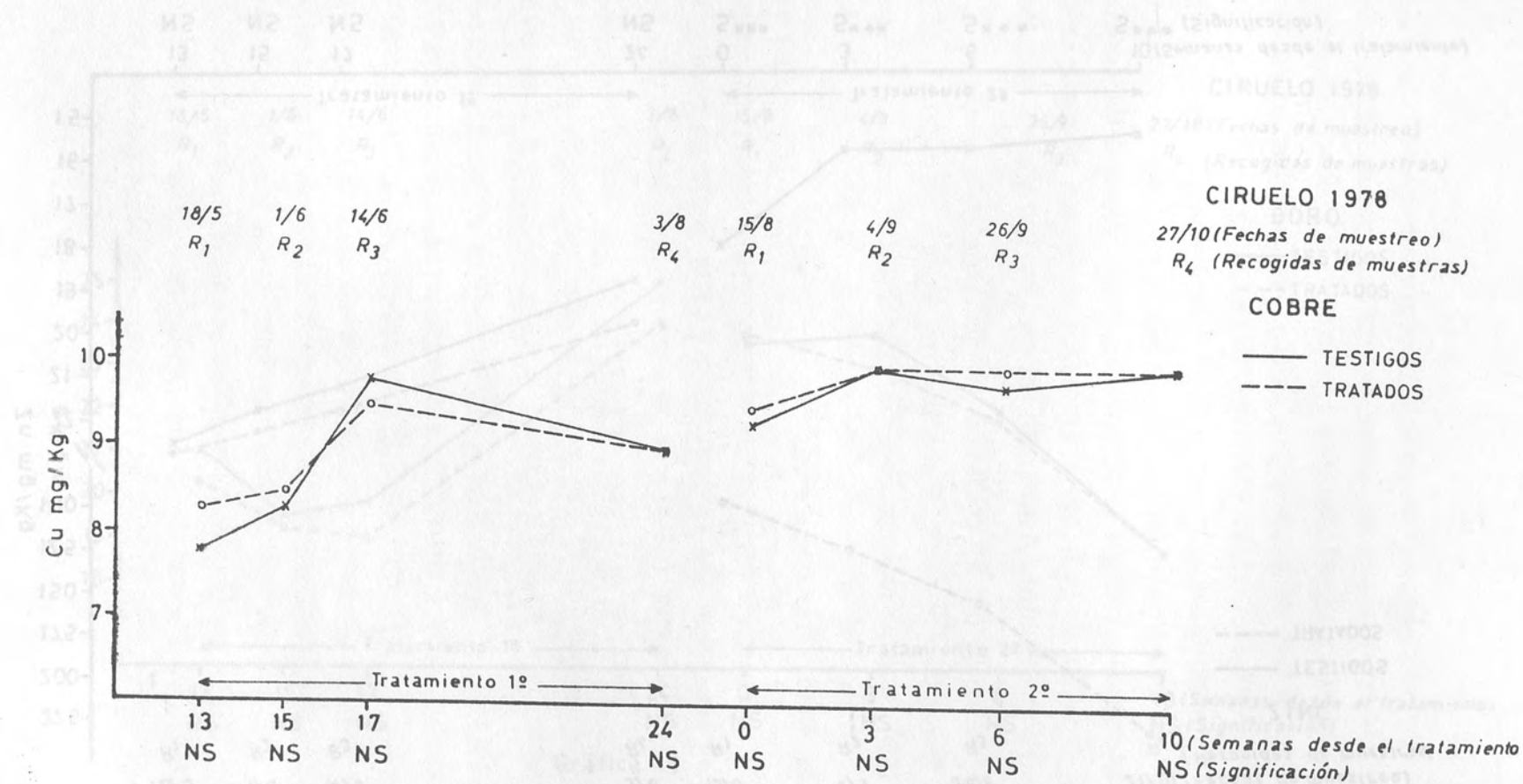




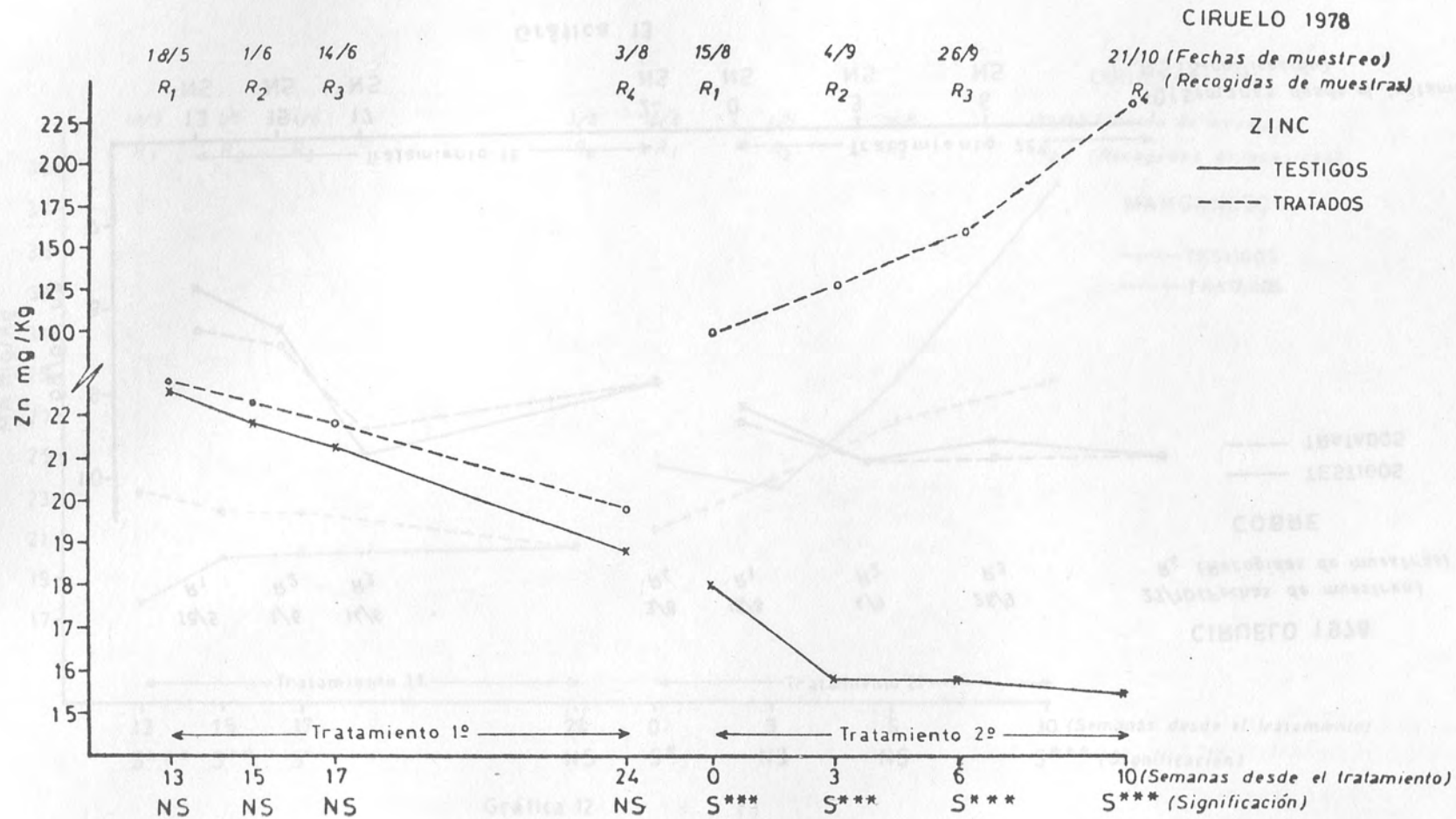


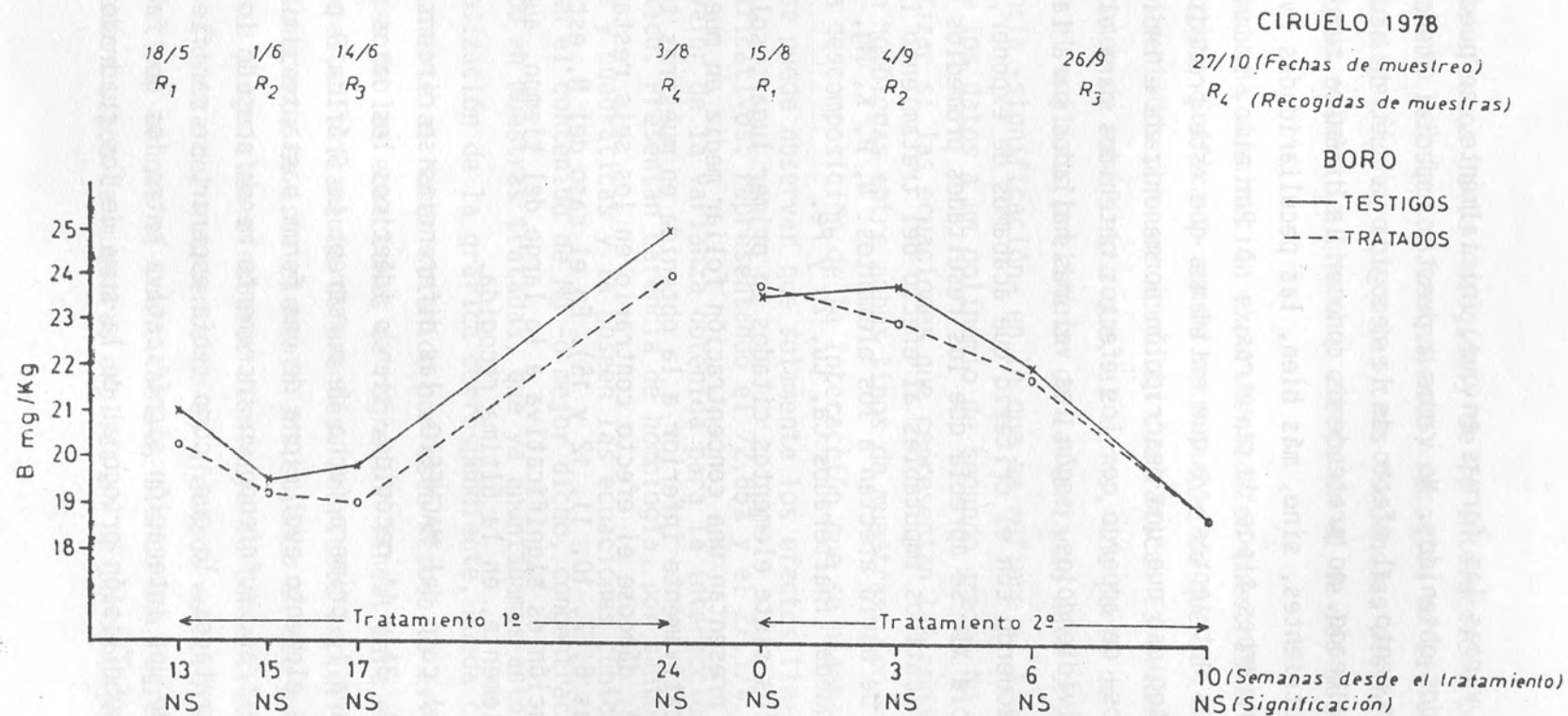


Gráfica 12



Gráfica 13





Son varias las formas en que, inicialmente, se pueden elaborar los resultados obtenidos. No vamos a prestar especial atención, al menos por el momento, al efecto de la recogida ya que, de acuerdo con el objetivo planteado, no pretendemos conocer la dinámica temporal absoluta de los nutrientes, sino, más bien, las peculiaridades evolutivas relativas entre ambos tipos de muestras. Por ello, podemos comenzar agrupando los nutrientes -ya que estimamos que este procedimiento resultará menos tedioso que una descripción pormenorizada e individualizada de los mismos- de acuerdo con los efectos obtenidos para el tratamiento (y, subdividiéndolos, según los valores hallados para la interacción.)

De acuerdo con el criterio que acabamos de exponer, y a la vista de la Tabla XI, se aprecia que los resultados promedios estadísticamente significativos imputables al efecto del tratamiento invernal con polisulfuro de bario afectan a los elementos: N, P, K, Mg, S, Mn y B; -pareciendo quedar inalterados Ca, Cu, Zn y Fe.

De los siete elementos citados en primer lugar, solamente N y Mg son los que presentan una concentración foliar media en muestras tratadas significativamente inferior a la obtenida en muestras testigo (Gráficas 5 y 9), dándose el efecto contrario en los seis restantes elementos (Gráficas 6, 7, 10, 11, 12 y 15). En el caso del N, esta diferencia en concentración es significativa a lo largo del tiempo, aumentando, incluso notablemente, en la última recogida.

En el caso del MAGNESIO, las diferencias se circunscriben a nivel de la 2ª, 3ª y 4ª recogida, siendo idénticos los datos analíticos -obtenidos para la primera fecha de muestreo. La Gráfica 9 permite observar que este elemento evoluciona de una forma bastante similar en ambos tipos de muestras, sufriendo un incremento menos acusado los árboles -- que fueron tratados, lo que, como cabía esperar, se manifiesta en la -- existencia de una interacción significativa entre los dos factores estudiados. La subdivisión ortogonal de la suma de los cuadrados correspon-

dientes a los efectos de la recogida y de la interacción, para verificar el comportamiento del factor tratamiento, recogida en la Tabla XII, muestra un efecto significativo para las tres tendencias posibles en el caso de los testigos, y para la lineal y cúbica en el de las muestras tratadas.

La pequeña disminución experimentada en muestras tratadas en la tercera recogida -Gráfica 9- es la responsable de que los datos no permitan ser representados por una ecuación cuadrática. Es evidente que estos resultados ponen de manifiesto que, al menos, una parte de la interacción apreciada en el análisis preliminar de la varianza está originada por la no concordancia -significación- en lo que se refiere al ajuste de la distribución de los datos a un polinomio de segundo grado. No obstante falta por cuantizar si las ecuaciones que representan las tendencias lineal y cúbica son homólogas entre ambos tipos de muestras. Con este fin se ha realizado la descomposición de la interacción que se plasma en la Tabla XIII. Allí se puede observar que solamente los efectos lineal y cuadrático son significativos; representando el 72,65% y el 27,17%, respectivamente, del valor de la varianza obtenida para la interacción en el análisis estadístico. Presentan carencia de homología, por tanto, las ecuaciones lineales y cuadráticas y la poseen las ecuaciones cúbicas. El menor incremento en el contenido de Mg -o mejor dicho, concentración- a lo largo del tiempo en muestras tratadas, que ya apuntábamos anteriormente por simple visualización de la gráfica correspondiente, queda constatado ahora matemáticamente al haber obtenido por este método la evidencia de que las pendientes de las ecuaciones de regresión lineal para ambos tipos de muestras son estadísticamente diferentes. Podríamos incluir, por tanto, el comentario acerca de este elemento insistiendo en que parece ser que el tratamiento plaguicida efectuado disminuye la concentración foliar de Mg y que la dinámica del nutriente no es afectada esencialmente de una forma cualitativa, aunque sí cuantitativa, siendo una regresión lineal -la que, en ambos tipos de muestras explica en un porcentaje muy elevado

la evolución del elemento, presentando ambas ecuaciones lineales distintas pendientes, lo que explica -en su porcentaje de ponderación correspondiente- la existencia de una interacción, es decir, de un distinto comportamiento según que las muestras analizadas procedan de árboles --tratados con el fungicida o de árboles que no recibieron dicho tratamiento.

El NITROGENO, por su parte, no presenta interacción significativa (Tabla XI). Sin embargo, el valor de la F_{exp} obtenido está tan próximo a la significación que sería, quizás, presuntuoso, afirmar que ésta no existiera. Además, no hay que olvidar que los valores obtenidos -para F_{exp} son meramente probabilísticos y, como tales, sometidos a un cierto margen de error. Esta suposición de presunción que hemos realizado, parece estar confirmada por los valores obtenidos en el análisis de tendencias y en la descomposición de la interacción (Tabla XII y XIII). Efectivamente, los datos obtenidos para muestras tratadas se ajustan a una tendencia cuadrática, mientras que los correspondientes a testigos no presentan una tendencia definida. Este comportamiento está totalmente corroborado con la significación del efecto cuadrático hallado en la descomposición de la interacción, lo que pone de manifiesto que el N no es solamente afectado en cuanto a contenido se refiere, sino también, -en cuanto a su dinámica foliar.

Respecto del BORO, hay que señalar que si bien el análisis preliminar de la varianza arroja diferencias significativas para el efecto del tratamiento (Tabla XI), no ocurre esto, en ningún caso, cuando se realiza la comparación estadística para cada fecha de muestreo (Gráfica 15); por ello, y aunque los resultados analíticos son siempre inferiores en las muestras que recibieron el tratamiento, no se puede concluir que éste haya producido una disminución real significativa en el contenido de este elemento. De otro lado, la evolución del elemento -tal y -como hacía suponer el valor hallado para la interacción- es totalmente

similar en ambos casos (Gráficas 15 y Tabla XII); la significación de -- los componentes lineales -que realmente constituyen un "test" de comparación entre los muestreos extremos- indican que, globalmente, la concentración de este elemento aumenta a lo largo de las 11 semanas que duró el periodo de muestreo; los valores significativos obtenidos para los -- componentes cuadráticos -valores muy próximos entre sí, como también ca-bía esperar -recogen las disminuciones encontradas en los resultados ana-líticos para la 2ª y 3ª recogida respecto de la 1ª y 4ª.

El FOSFORO, elemento cuya concentración global media resulta incrementada por la aplicación del plaguicida, presenta un comportamiento marcadamente similar, pero inverso, respecto al Mg. Como en aquel caso, los valores obtenidos para la primera recogida no presentan diferencias, siendo superiores los correspondientes al resto de los muestreos en las parcelas tratadas. Ambos tipos de muestras presentan una tendencia lineal muy similar, como reflejan los resultados indicados en las Tablas XII y -- XIII; sin embargo, las muestras tratadas, debido a los resultados obtenidos en el 2º y 3º muestreo se ajustan a una regresión cuadrática, siendo este hecho el responsable de la existencia de la interacción.

Las Gráficas 7, 10 y 12 muestran las evoluciones para los nutrientes K, S y Mn, respectivamente, elemento que, según ya hemos indicado, -- presentan un incremento global como consecuencia del tratamiento. Pero, - mientras que este incremento persiste significativamente en cada uno de - los muestreos para el K, no ocurre así en ninguno de los otros dos casos, ya que el Mn y S no presentan diferencias significativas en el último --- muestreo entre árboles tratados y testigos. Existe, por tanto, una cierta analogía de comportamiento entre S y Mn. El S, que sigue un comportamiento análogo al expuesto para el N a tenor del valor hallado para la interacción (Tabla XI), presenta un efecto lineal en muestras testigo -debido a los diferentes contenidos entre el 1º y 4º muestreo- y no tienen tenden--cia definida en muestras tratadas. Por el contrario, el Mn presenta ten--dencias claramente definidas en ambos tipos de muestras (Tabla XII) aun--

que de carácter opuesto, ya que se va produciendo un incremento paulatino en testigos y el efecto contrario en tratadas. Existe en este caso, además de una modificación cuantitativa de tendencia -lineal en muestras tratadas, y mejoramiento cuadrático en testigos, originada por la curvatura que produce el hecho de poseer una casi idéntica concentración de nutriente en las tres últimas recogidas- una modificación cualitativa, plasmada en la disminución de contenido en un caso -muestras problemas- y en el aumento en el otro -muestras testigo.

La Tabla XI nos muestra que las concentraciones promedias encontradas en muestras tratadas y testigos para los elementos Ca, Fe, Cu y Zn son estadísticamente iguales y, por tanto, el tratamiento no ha ejercido ninguna influencia sobre ellos. Si bien este resultado, a tenor de los datos mostrados en las Tablas XI y XII y en las Gráficas 13 y 14, se puede asegurar que es totalmente cierto para Cu y Zn -ya que las tendencias son idénticas en ambos tipos de muestras y no hay significación para ninguna fecha de muestreo-, no se puede decir lo mismo respecto del Ca y del Fe. Al contrario que en los otros dos elementos, la evolución del Ca y del Fe a lo largo del tiempo está influenciado por el factor --tratamiento tal y como lo indica el hecho de que la interacción de los dos factores estudiados, tratamiento y tiempo, sea significativa. Cuando se realiza la comparación entre los datos obtenidos para cada fecha de recogida, se encuentra en el Ca (Gráfica 8), que los correspondientes a R_1 son distintos para un nivel de $P < 0,05$ y los de R_4 para $P < 0,01$. En la citada gráfica se observa que mientras que para la primera recogida -son las muestras tratadas quienes poseen una mayor concentración de Ca, en la cuarta, esta característica corresponde a los testigos. Este menor incremento del elemento a lo largo del tiempo en muestras tratadas respecto de los testigos es lo que detecta la interacción y es el responsable de que no se obtengan diferencias para el tratamiento en el análisis preliminar de la varianza. Los efectos lineales altamente significativos que evidencia la Tabla XI para ambos tipos de muestras indican claramen-

te la acumulación de Ca en hoja con el transcurso del tiempo. El pequeño incremento producido entre R_2 y R_3 en comparación con las variaciones habidas entre R_1 y R_2 , por un lado, y R_3 y R_4 , por otro, son la causa de que una ecuación de tipo cúbico sea la que mejor defina la tendencia del Ca para muestras no tratadas.

Con el Fe ocurre algo similar a lo descrito para el Ca, estando marcada la evolución de estos dos elementos por el tratamiento realizado. La comparación de los datos obtenidos para cada fecha de muestreo indica diferencias significativas para las recogidas 1ª, 2ª y 4ª (Gráfica - 11), pero, en ésta última ya se ha invertido la tendencia y las muestras tratadas presentan una concentración inferior a las testigos. Ambos tipos de muestras -tratadas y testigos- poseen significativas las tres --tendencias estudiadas (Tabla XII), pero la interacción queda justificada, fundamentalmente a nivel de las regresiones lineales (Tabla XIII). El tratamiento no modifica cualitativamente la tendencia natural del --elemento a incrementar su contenido foliar a lo largo del tiempo, pero sí lo hace en la forma en que se lleva a cabo.

A modo de resumen podemos indicar que B, Cu, Zn, Ca y Fe, son --aquellos elementos de entre los estudiados para los que el análisis estadístico, realizado no indica efecto significativo alguno. Si bien esto es cierto para los tres elementos citados en primer lugar, no ocurre lo mismo --como ya hemos visto-- para Ca y Fe, cuyas concentraciones foliares están influenciadas por el tratamiento realizado. Los contenidos de N, P, K, Mg, S y Mn se muestran claramente afectados por el tratamiento, y, de ellos, N y Mg presentan concentraciones foliares medias inferiores a las de sus testigos y el resto las tienen superiores. La dinámica foliar se ve alterada sólo cuantitativamente --significación en algún componente de la interacción como indicador de que curvas de la misma tendencia pero con matices claramente diferenciadores, o que curvas de distinta tendencia son las que mejor se ajustan a los datos-- para los

elementos: P, K, Ca, Mg y Fe. La evolución foliar de los nutrientes Mn, N y S se modifica no sólo cuantitativamente, sino también cualitativamente, entendiendo por ello la modificación del comportamiento fisiológico, -aumento o disminución con el tiempo- observada en los testigos.

5.2.2.- Ciruelos. Tratamiento segundo: "Fitonil 80 Forte" (zineb, 3215). "Irokar" (dinocap, 2912, 3424) y "Ultracid-40E" (metidati6n, 1454).

Como ya advertimos en el apartado correspondiente del capítulo "Material y Métodos", estos segundos tratamientos fueron realizados sobre los mismos árboles que ya habían recibido el primer tratamiento invernal con polisulfuro de bario.

Está fuera de toda duda, por tanto, que los resultados obtenidos para las muestras tomadas con posterioridad a este segundo tratamiento pueden constituir una prolongación de los efectos observados en el primero, una interacción respecto al mismo o un efecto independiente. También debe quedar suficientemente claro que los efectos observados, al ser un tratamiento múltiple, no podrán, generalmente, -aunque veremos - que existen excepciones- ser imputados a un producto determinado. Con el fin de poder discernir, lo mejor posible, los efectos producidos por la aplicación de este tratamiento fitofarmacéutico, presentamos las gráficas de las evoluciones correspondientes como una continuación de las anteriores, conservando entre la última recogida del primer tratamiento y la primera de este segundo, la misma escala para el tiempo transcurrido que hemos utilizado en ambas experiencias.

Los resultados estadísticos están resumidos en las Tablas XIV, XV y XVI, y su representación, igual que antes, en las Gráficas 5 a 15, ambas inclusive.

Una ojeada a la primera de las tablas citadas nos permite apreciar que los elementos que presentan variación de contenido respecto a testigos son: P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn y Zn, mientras que N, Cu y B pare-

TABLA XIV

ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Ciruelos. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo

Fuentes de variación	gl	Fexp						F requerida		
		N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento (T)	1	0,53	169,58	779,03	108,54	424,46	142,83	4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida (R)	3	25,04	7,70	69,06	27,52	5,80	17,54	3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción (T x R)	3	5,25	4,88	6,48	7,40	8,73	1,40			
Varianza del error	24	$32 \cdot 10^{-3}$	$2 \cdot 10^{-5}$	$33 \cdot 10^{-4}$	$40,3 \cdot 10^{-4}$	$28 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-5}$			
	gl									
		Fe	Mn	Cu	Zn	B		0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento (T)	1	67,50	32,39	2,45	725,88	0,86		4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida (R)	3	120,22	59,17	6,09	32,24	42,33		3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción (T x R)	3	11,20	11,44	1,00	34,08	0,95				
Varianza del error	24	15,84	3,14	$11,46 \cdot 10^{-2}$	217,36	$30,63 \cdot 10^{-2}$				

TABLA XV

DINAMICA FOLIAR. Círuelos. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo.

Fuentes de variación	gl	F exp.						F requerida		
		N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,001
Muestras testigo	3									
Tendencia lineal	1	9,80	30,25	46,29	29,04	1,96	14,00	4,24	7,77	14,03
Tendencia cuadrática	1	4,09	0	14,12	0,15	1,09	1,66			
Tendencia cúbica	1	0,23	2,25	7,85	7,74	8,25	3,00			
Muestras tratadas	3									
Tendencia lineal	1	73,60	0,56	69,69	31,56	10,71	37,52			
Tendencia cuadrática	1	5,18	0,31	90,00	23,10	18,77	0,91			
Tendencia cúbica	1	0,30	0,06	0,60	2,68	2,36	0,02			

	gl	F exp.					F requerida		
		Fe	Mn	Cu	Zn	B	0,05	0,01	0,001
Muestras testigo	3								
Tendencia lineal	1	276,56	139,43	6,98	20,8	56,88	4,24	7,77	14,03
Tendencia cuadrática	1	15,16	33,51	2,18	7,41	13,61			
Tendencia cúbica	1	1,66	0,48	3,93	2,31	0,05			
					(Ve=0,54)				
Muestras tratadas	3								
Tendencia lineal	1	96,11	38,29	8,84	92,17	55,12			
Tendencia cuadrática	1	0,66	0,08	4,19	2,58	8,62	4,75	9,33	18,64
Tendencia cúbica	1	4,25	0,06	0,98	0,73	1,68			
					(Ve=440)				

TABLA XVI
Descomposición de la Interacción
Ciruelos. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo.

Fuente de variación	gl	F _{exp}						F requerida		
		N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,01
Interacción (TxR)	3									
Efecto lineal	1	14,80	12,50	1,19	2,6.10 ⁻²	1,75	---	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	0,37	0,17	16,39	12,50	14,46	---			
Efecto cúbico	1	0,03	1,70	2,02	9,77	9,72	---			

	gl	F _{exp}					F requerida		
		Fe	Mn	Cu	Zn	B	0,05	0,01	0,01
Interacción (TxR)	3								
Efecto lineal	1	23,29	15,79	---	96,61	---	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	4,73	18,43	---	4,81	---			
Efecto cúbico	1	5,58	0,10	---	0,84	---			

cen quedar inalterados, obteniéndose para estos dos últimos elementos - el mismo comportamiento que en el tratamiento anterior, según se deduce de la falta de significación que presentan en el análisis preliminar de la varianza y de la visualización de las Gráficas 13 y 15.

Sin embargo, para el caso del N -y al igual que ocurría en el - tratamiento anterior con el Ca-, a pesar de que en el análisis preliminar de la varianza no se obtiene efecto para el tratamiento, la interacción es significativa para una $P < 0,01$, y ello nos indica que el tratamiento condiciona la evolución del elemento a lo largo del tiempo. En la Gráfica 5 se observa que inmediatamente después de haber aplicado los plaguicidas, y en contra de la tendencia mostrada a lo largo del periodo anterior, se produce un incremento significativo de N en las muestras tratadas. Este mayor nivel de N se mantiene al cabo de las tres semanas, pero ya no es estadísticamente diferente al encontrado en los testigos. Seis semanas después de realizado el tratamiento se ha producido una -- disminución tan acusada en las muestras tratadas que su contenido resulta ser significativamente más bajo que el hallado en testigos, manteniéndose esta diferencia diez semanas después de haber realizado la aplicación. Observamos, pues, aquí, que a pesar de la superposición de tratamientos, el comportamiento de este elemento está nítidamente diferenciado. Se puede asegurar, y sobre ello volveremos más tarde, que, como consecuencia de la aplicación de estos tres productos o de alguno/s de -- ellos, se produce una súbita elevación en la tasa de N foliar que persiste, al menos, durante las tres semanas siguientes a la aplicación y que, una vez transcurrido este periodo, se origina un marcado decrecimiento que se mantiene para una $P < 0,05$ en el resto de los muestreos - realizados.

A lo largo de este periodo, desde el 15/8 hasta el 27/10, disminuyen los contenidos foliares de N de acuerdo a distintos tipos de ecuaciones de regresión, según puede observarse en la Tabla XV. Por otro lado, los valores hallados en la descomposición de la interacción, que es

tán recogidos en la Tabla XVI, ponen de manifiesto que es la falta de - paralelismo entre las ecuaciones de regresión lineal lo que fundamentalmente explica la interacción observada, lo que está en perfecta concordancia con la representación gráfica de los resultados analíticos obtenidos.

Respecto al grupo de elementos para los que se ha registrado un efecto significativo del tratamiento, hay que señalar que las muestras tratadas presentan superiores niveles en los contenidos de los nutrientes P, K, S y Zn, tanto en lo referente al valor promedio para el conjunto de las 10 semanas que duró la experiencia, como para el hallado en cada uno de los cuatro muestreos realizados, lo que indica que estas diferencias se mantienen en niveles de significación estadística durante la totalidad del tiempo estudiado.

Los contenidos de FOSFORO, POTASIO y AZUFRE se hallaban ya incrementados a lo largo del primer tratamiento, pero parece estar fuera de toda duda, según se puede apreciar en las Gráficas 6, 7 y 10 que estas diferencias se acentúan inmediatamente después de realizado este -- segundo tratamiento y por tanto, estos elementos también están influenciados por el mismo.

P y K poseen interacción significativa; no así el S (Gráfica 10), que no ve modificada en esta fase su tendencia a incrementarse con el tiempo, con arreglo a las pautas marcadas por una ecuación lineal para ambos tipos de muestras (Tabla XV). Por el contrario, el P ve substancialmente afectada su evolución fisiológica, ya que mientras las muestras -- tratadas no poseen una tendencia definida y mantienen estático su contenido, este elemento evoluciona hacia el descenso ajustándose perfectamente a una regresión lineal (Tabla XV). Por último, el K evoluciona similarmente bajo un punto de vista cualitativo, pero es principalmente el fuerte descenso experimentado en muestras tratadas, entre las recogidas tercera (R_3) y cuarta (R_4) el que produce mejoramientos a regresiones --

curvilíneas distintas (Tabla XV), provocando que la interacción se centre en un porcentaje muy elevado en las regresiones curvilíneas.

Mientras que para el Zn no se obtuvieron diferencias entre muestras tratadas y testigos a lo largo del tiempo observado tras el primer tratamiento, ahora, sin embargo, se produce un fortísimo incremento en aquellas muestras que fueron pulverizadas con las soluciones de pesticidas, como consecuencia, sin duda, de la composición de uno de los plaguicidas utilizados, el "FITONIL - 80." La Gráfica 14 evidencia la fuerte interacción detectada en el análisis preliminar de la varianza. De la observación de la citada gráfica y de la Tabla XV (donde, dadas las características de los datos analíticos obtenidos, se ha calculado una varianza del error para cada tipo de hojas) se puede concluir que, mientras que las muestras testigo disminuyen paulatinamente su contenido en Zn, disminución para la que una regresión cuadrática supone un mejoramiento respecto a la lineal, en las muestras tratadas se detecta un aumento lineal en la concentración de este elemento.

Para los elementos Ca, Mg, Fe y Mn se puede generalizar diciendo que los árboles tratados presentan contenidos foliares inferiores a los que no recibieron el tratamiento. El comportamiento que siguen estos nutrientes permite agruparlos en parejas: Ca y Mg, por un lado, y Fe y Mn, por otro.

Los dos primeros mantienen en niveles de significación estadística las diferencias "testigos-tratadas", no sólo globalmente, sino también para cada una de las fechas en que se realizó muestreo (Gráficas 8 y 9). Bien es cierto que ambos elementos ya venían disminuidos como consecuencia del tratamiento anterior, pero no lo es menos que estas diferencias se incrementan a resultas de este nuevo tratamiento, haciéndose mayores en la segunda recogida (R_2) y aún más en la tercera (R_3) para después aminorarse en la cuarta (R_4). El Ca evoluciona en ambos tipos de muestreos incrementando, globalmente, sus niveles foliares -presenta

tendencias lineales significativas-, aunque lo hace en forma claramente distinta, ajustándose a una parábola cúbica en muestras testigo y a una cuadrática en las tratadas (Tabla XV). Por el contrario, el Mg, presenta, además, diferencias evolutivas cualitativas. En la misma Tabla XV - se puede observar que el valor obtenido para $F_{exp.}$ en la correspondiente tendencia lineal para muestras testigos es sensiblemente inferior al requerido para que haya significación; no hay diferencia, por tanto, entre los niveles extremos del factor tiempo y la regresión es ajustada - por el polinomio de tercer grado. Por el contrario, las muestras tratadas se ajustan a una parábola cóncava. De todas formas, la falta de paralelismo entre las "supuestas" ecuaciones lineales que representasen - la evolución del elemento en ambas muestras, no sería muy acusada a juzgar por el resultado obtenido para el efecto lineal en la descomposición de la interacción que se ofrece en la Tabla XVI.

En cuanto a la pareja formada por los elementos HIERRO y MANGANESO cabe resaltar un cambio de comportamiento radical respecto al mantenido en el periodo anterior. Mientras que allí sus niveles se mantuvieron siempre por encima al de su correspondientes testigos (a excepción del Fe en la 4ª recogida), ahora, en ambos casos, esa tendencia se ve - invertida (Gráficas 11 y 12) y se puede decir que se mantiene a lo largo de todo el tiempo estudiado con una excepción, que adolece de significación estadística, ubicada en la segunda recogida referida al Mn. - Muestras tratadas y testigos mantienen la dinámica fisiológica del incremento foliar de estos elementos con el transcurso del tiempo, si bien es cierto que este incremento es más suave en las muestras tratadas. -- Los tipos de curvas matemáticas que ajustan los datos obtenidos están - reflejados en la Tabla XV. Allí se puede ver que, mientras en el caso - del Fe los testigos evolucionan de acuerdo a una curva cuadrática, los tratados lo hacen según una cúbica. Para el Mn, los testigos poseen una dinámica ajustada por un polinomio de segundo grado y, las muestras tratadas por una ecuación lineal. Los valores altos de las $F_{exp.}$ que apare

cen en la Tabla XVI indican que, aunque un mismo tipo de regresión pueda representar la evolución del elemento en ambos tipos de muestras, -- esas ecuaciones matemáticas tienen entre ellas matices claramente diferenciadores.

Podríamos resumir los efectos imputables a este segundo tratamiento, de la siguiente forma:

De los 11 elementos estudiados solamente Cu y B no resultan estar afectados por el mismo.

Los niveles de P, K, S y Zn se ven incrementados en las muestras tratadas, a veces, en forma absoluta, pero, desde luego, siempre relacionados con los contenidos respectivos en muestras testigos.

El tratamiento influye muy nítidamente en que las concentraciones foliares de Ca, Mg, Fe y Mn tengan valores sensiblemente menores a lo largo de toda la experiencia.

El N sufre una clara alteración en forma de zig-zag. La acción inmediata del tratamiento es elevar sus niveles foliares, y una vez -- transcurrido un periodo de tiempo que puede estar comprendido entre 3 y 6 semanas, se produce un brusco descenso que se prolonga en el tiempo.

Bajo un punto de vista matemático, es decir, de ajustar la evolución fisiológica del elemento a algún tipo de regresión matemática, se observan diferencias entre ambos tipos de muestras para los elementos: N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, y Zn. De entre ellos, la tendencia natural del -- elemento a lo largo del tiempo se ve modificada en: P, Mg y Zn (Gráficas 6, 9 y 14).

5.2.3.- Cerezos. Tratamiento primero: "Solbar" (polisulfuro de bario, -- 1211, 3118).

Los resultados estadísticos están resumidos en las Tablas XVII, XVIII, XIX y las representaciones de las evoluciones seguidas por los -

TABLA XVII

ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Cerezos. Primer año de experiencias. Tratamiento primero

Fuentes de variación	F _{exp}							F requerida		
	gl	N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento (T)	1	28,82	720,75	1664,53	39,43	6,91	61,29	4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida (R)	3	105,59	665,25	326,57	343,53	520,22	0,40	3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción (TxR)	3	3,63	8,25	7,30	0,39	16,22	0,52			
Varianza del error	24	$38,2 \cdot 10^{-4}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$11 \cdot 10^{-4}$	$40,10^{-4}$	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$7 \cdot 10^{-5}$			
	gl									
		Fe	Mn	Cu	Zn	B	0,05	0,01	0,001	
Efecto del tratamiento (T)	1	71,78	59,86	0,	45,62	21,73	4,24	7,77	14,03	
Efecto de la recogida (R)	3	126,44	182,15	6,00	36,79	316,31	3,01	4,72	7,55	
Efecto de la interacción (TxR)	3	4,99	5,53	0	0,93	6,83				
Varianza del error	24	4,70	4,32	0,08	0,30	0,76				

TABLA XVIII

DINAMICA FOLIAR.Cerezos.Primer año de experiencias.Tratamiento primero.

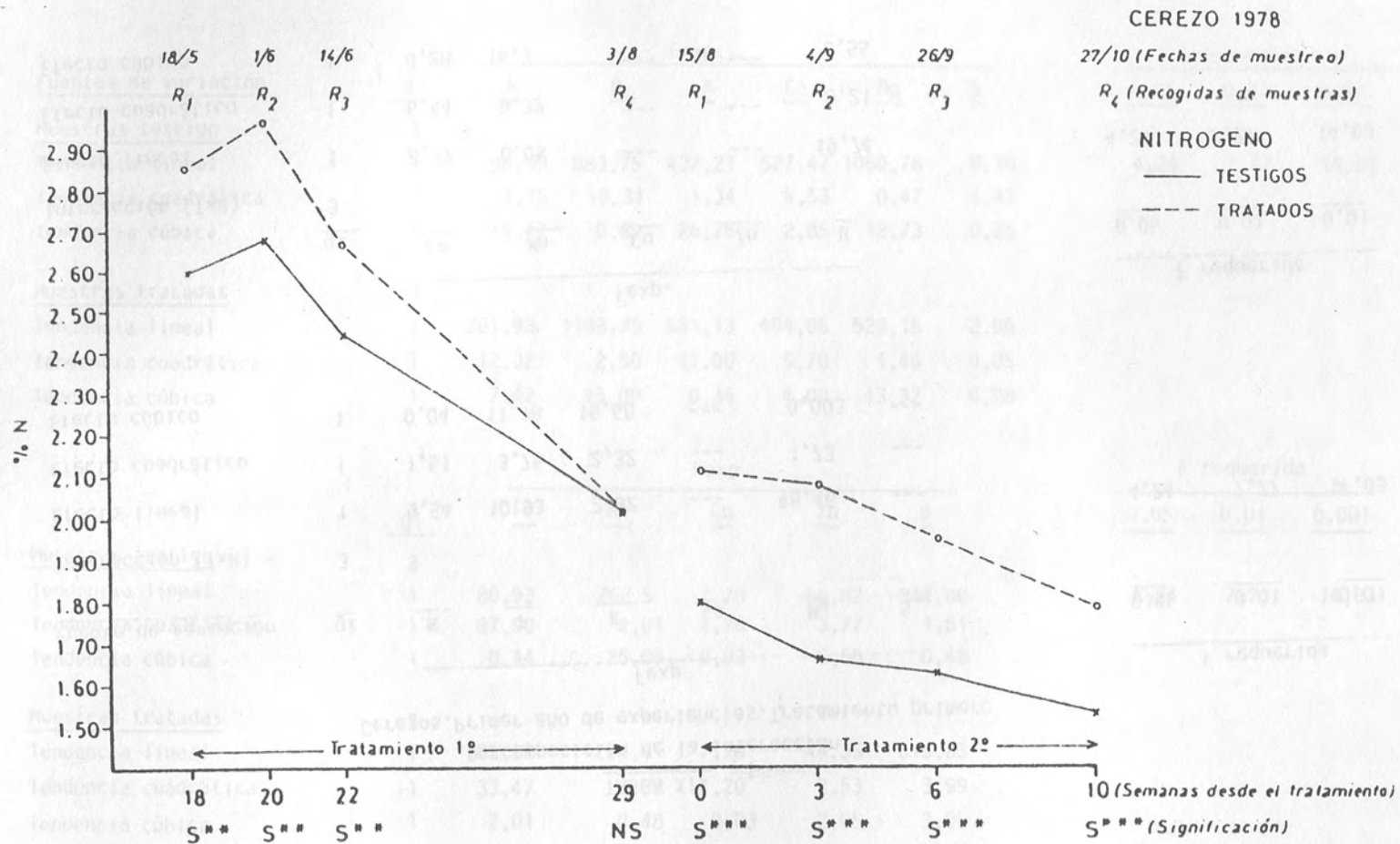
Fuentes de variación	gl	Fexp.						F requerida		
		<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Muestras testigo	3									
Tendencia lineal	1	96,90	883,75	427,21	527,47	1060,76	0,10	4,24	7,77	14,03
Tendencia cuadrática	1	3,75	18,31	1,34	6,53	0,42	1,42			
Tendencia cúbica	1	5,47	0,69	26,76	2,85	12,73	0,25			
Muestras tratadas	3									
Tendencia lineal	1	201,93	1183,75	531,13	494,06	523,15	2,06			
Tendencia cuadrática	1	12,32	2,50	11,00	5,70	1,46	0,05			
Tendencia cúbica	1	7,42	15,00	0,36	4,09	13,32	0,28			

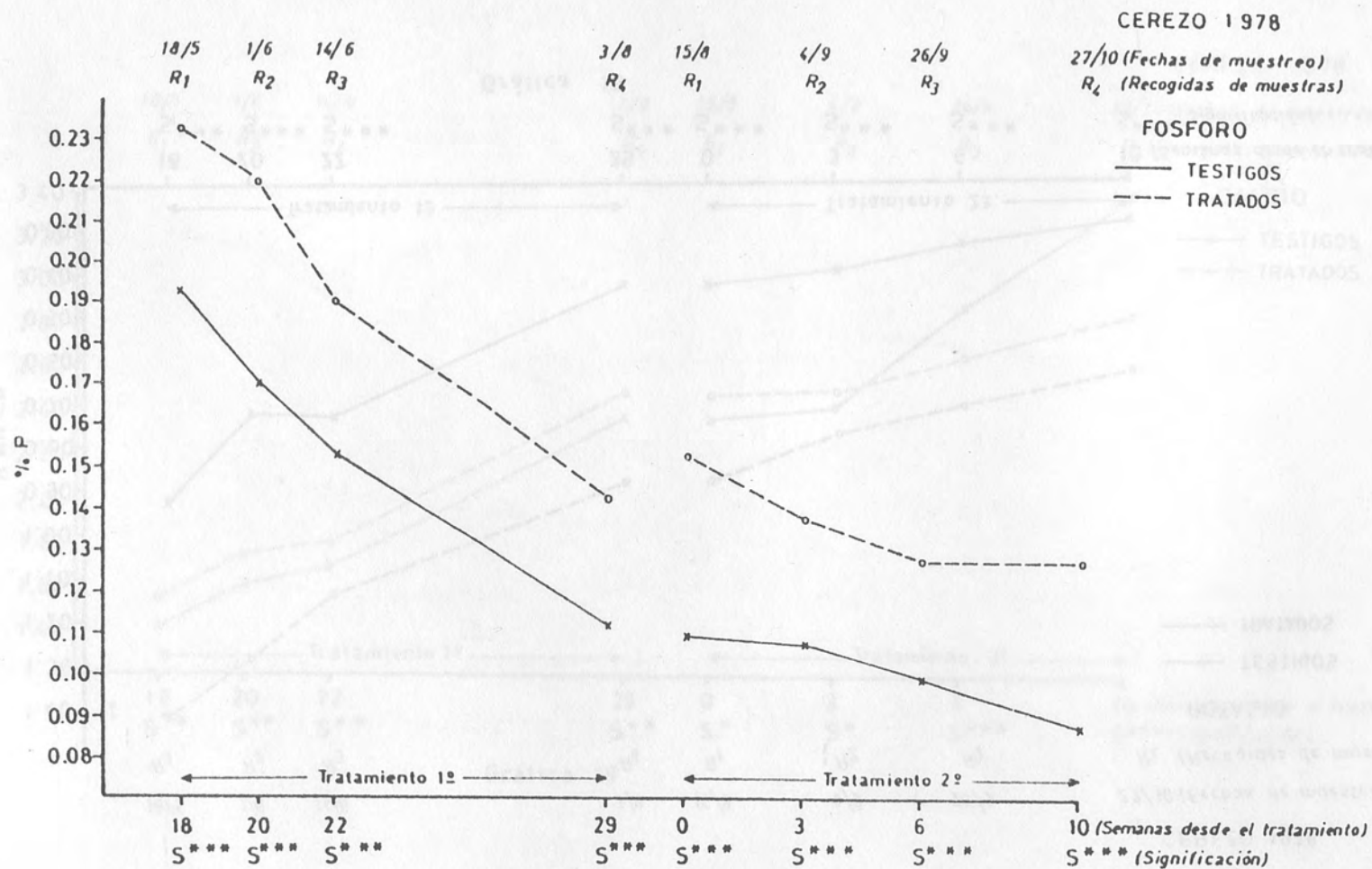
	gl	Fexp.					F requerida		
		<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Muestras testigo	3								
Tendencia lineal	1	88,93	262,5	7,70	56,82	344,00	4,24	7,77	14,03
Tendencia cuadrática	1	87,90	2,01	1,20	3,77	1,81			
Tendencia cúbica	1	0,44	25,06	0,03	0,66	0,48			
Muestras tratadas	3								
Tendencia lineal	1	182,22	273,01	7,70	46,35	616,63			
Tendencia cuadrática	1	33,47	0,38	1,20	3,53	3,99			
Tendencia cúbica	1	2,01	0,48	0,03	2,05	3,05			

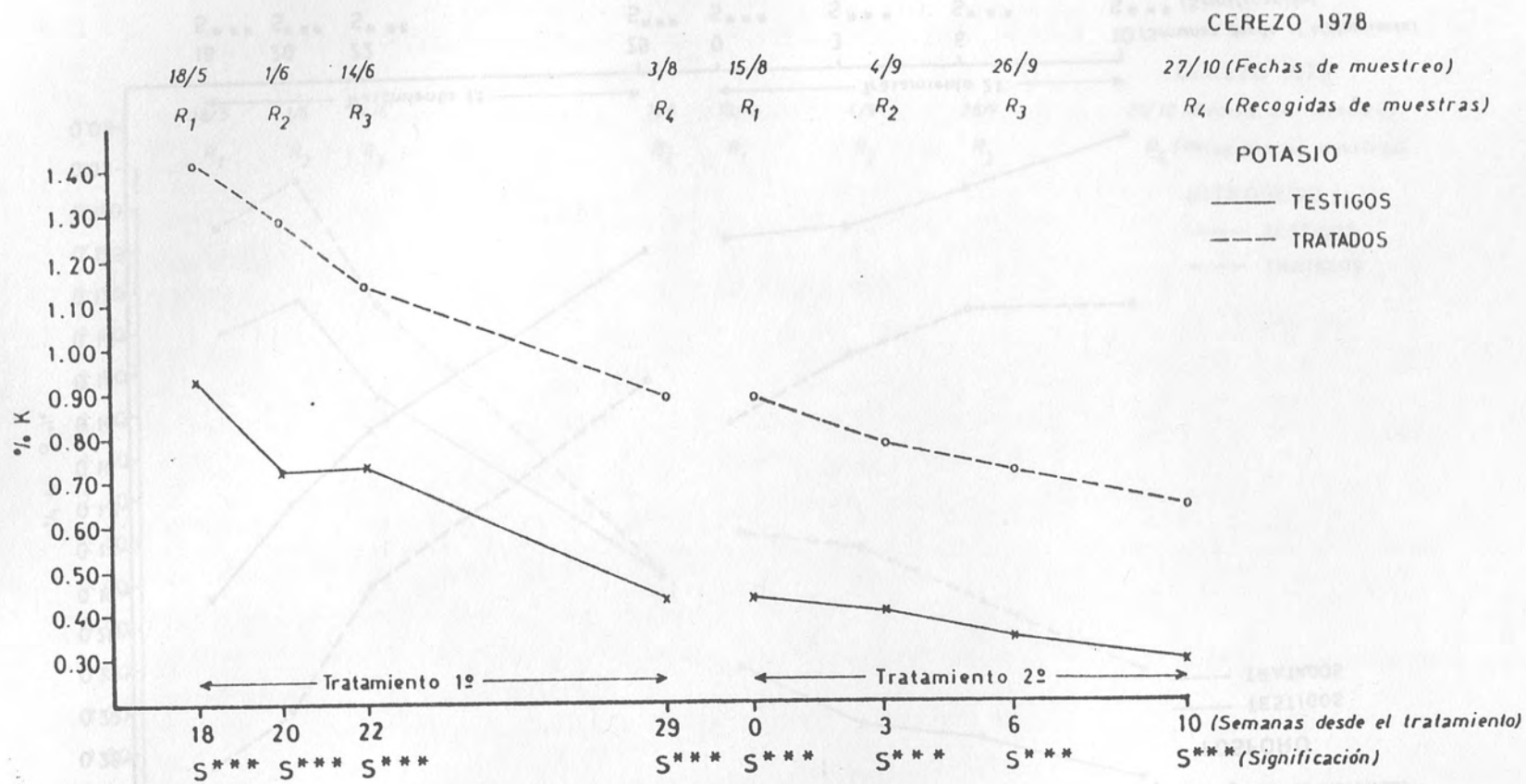
TABLA XIX
Descomposición de la Interacción
Cerezos. Primer año de experiencias. Tratamiento primero

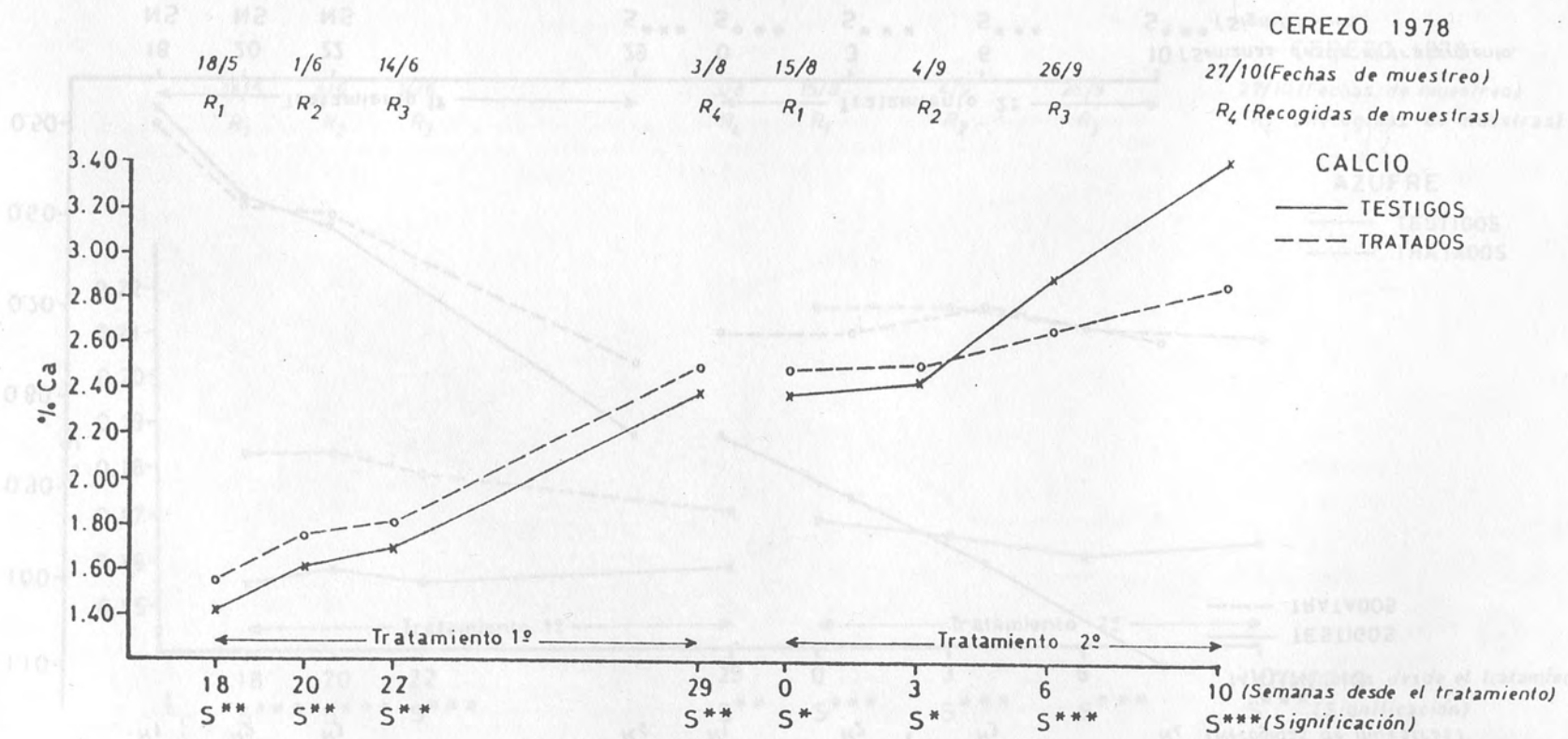
Fuente de variación	gl	Fexp						F requerida		
		N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,01
Interacción (TxR)	3									
Efecto lineal	1	9,54	10,93	2,82	---	48,46	---	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	1,51	3,75	2,32	---	1,73	---			
Efecto cúbico	1	0,04	11,18	16,68	---	0,003	---			

	gl	Fexp.					F requerida		
		Fe	Mn	Cu	Zn	B	0,05	0,01	0,01
Interacción (TxR)	3								
Efecto lineal	1	8,27	0,05	---	---	19,74	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	6,44	0,32	---	---	0,21			
Efecto cúbico	1	0,28	16,3	---	---	0,55			



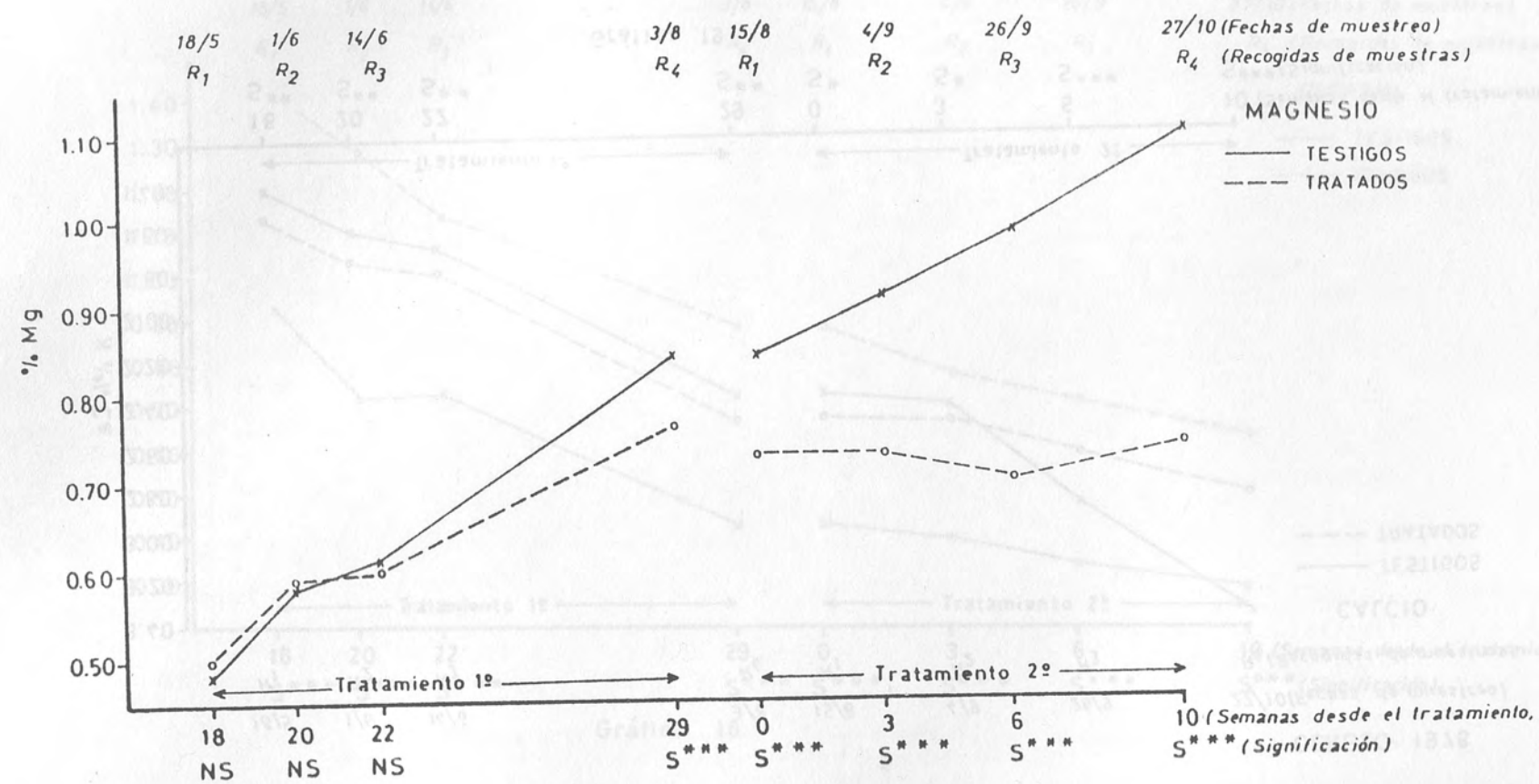






Gráfica 19

CEREZO 1978



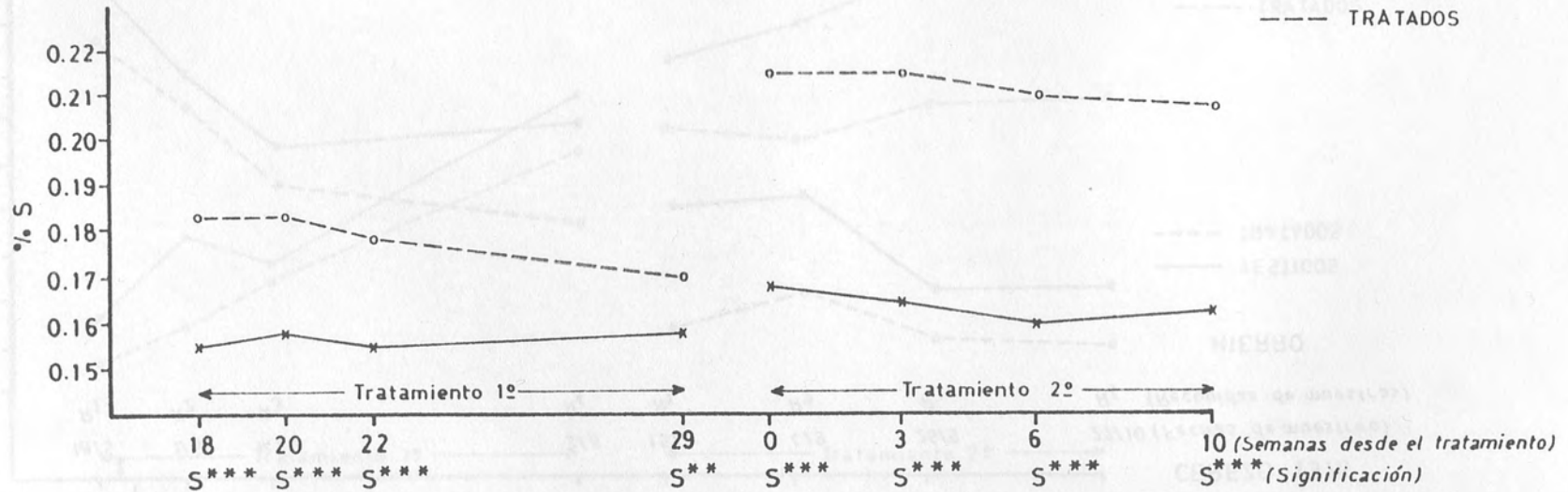
Gráfica 20

CEREZO 1978

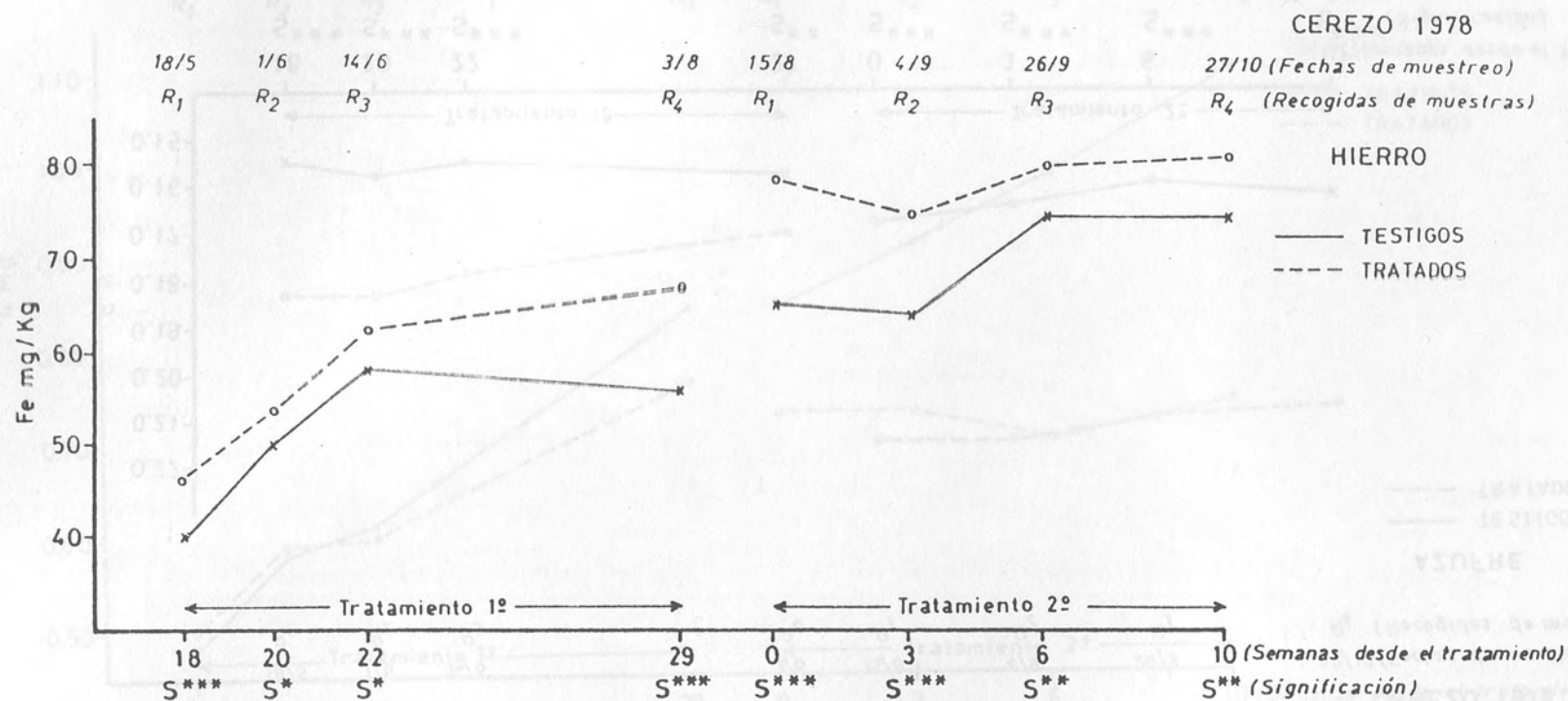
27/10 (Fechas de muestreo)
R₄ (Recogidas de muestras)

AZUFRE

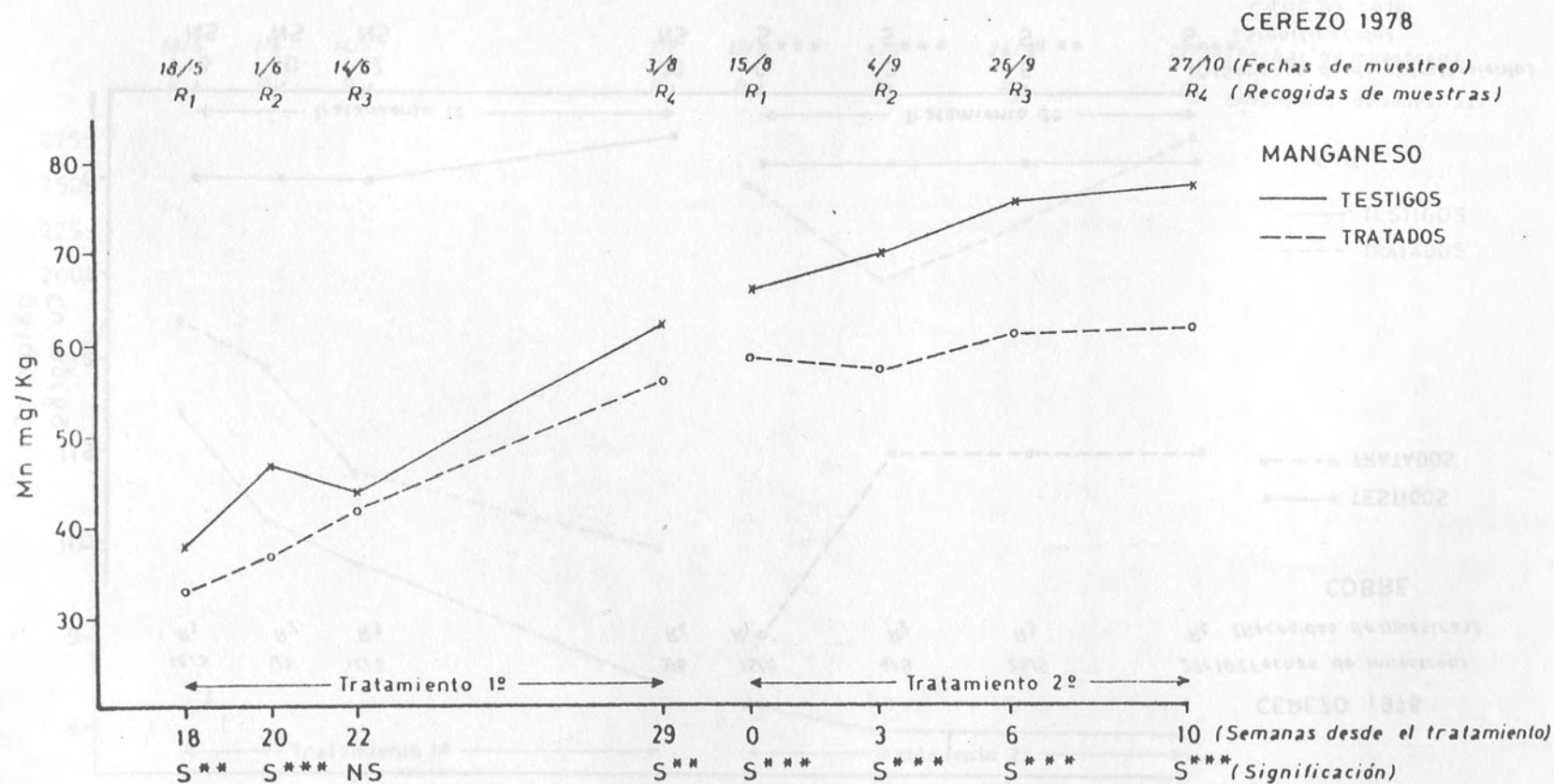
— TESTIGOS
- - - TRATADOS

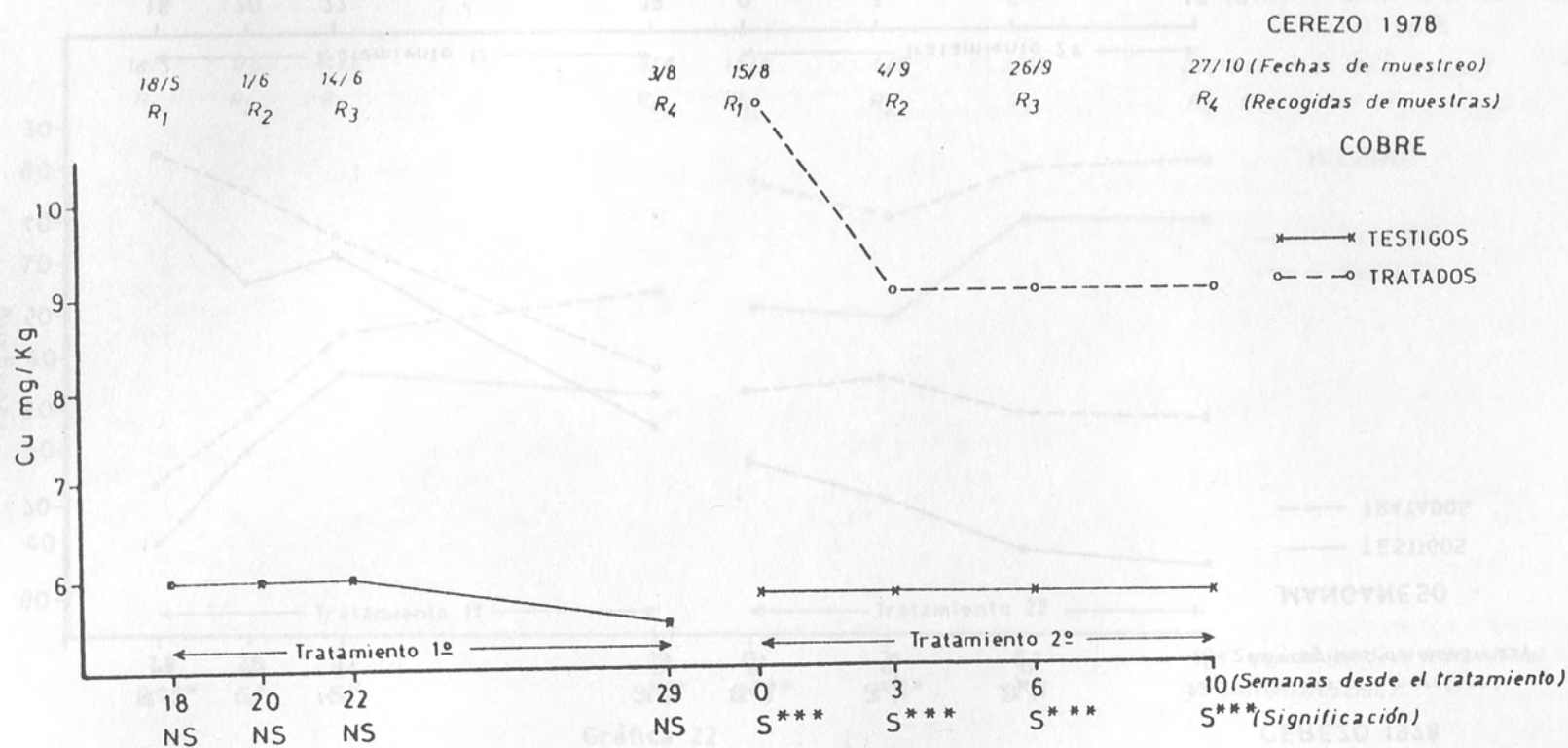


Gráfica 21



Gráfica 22





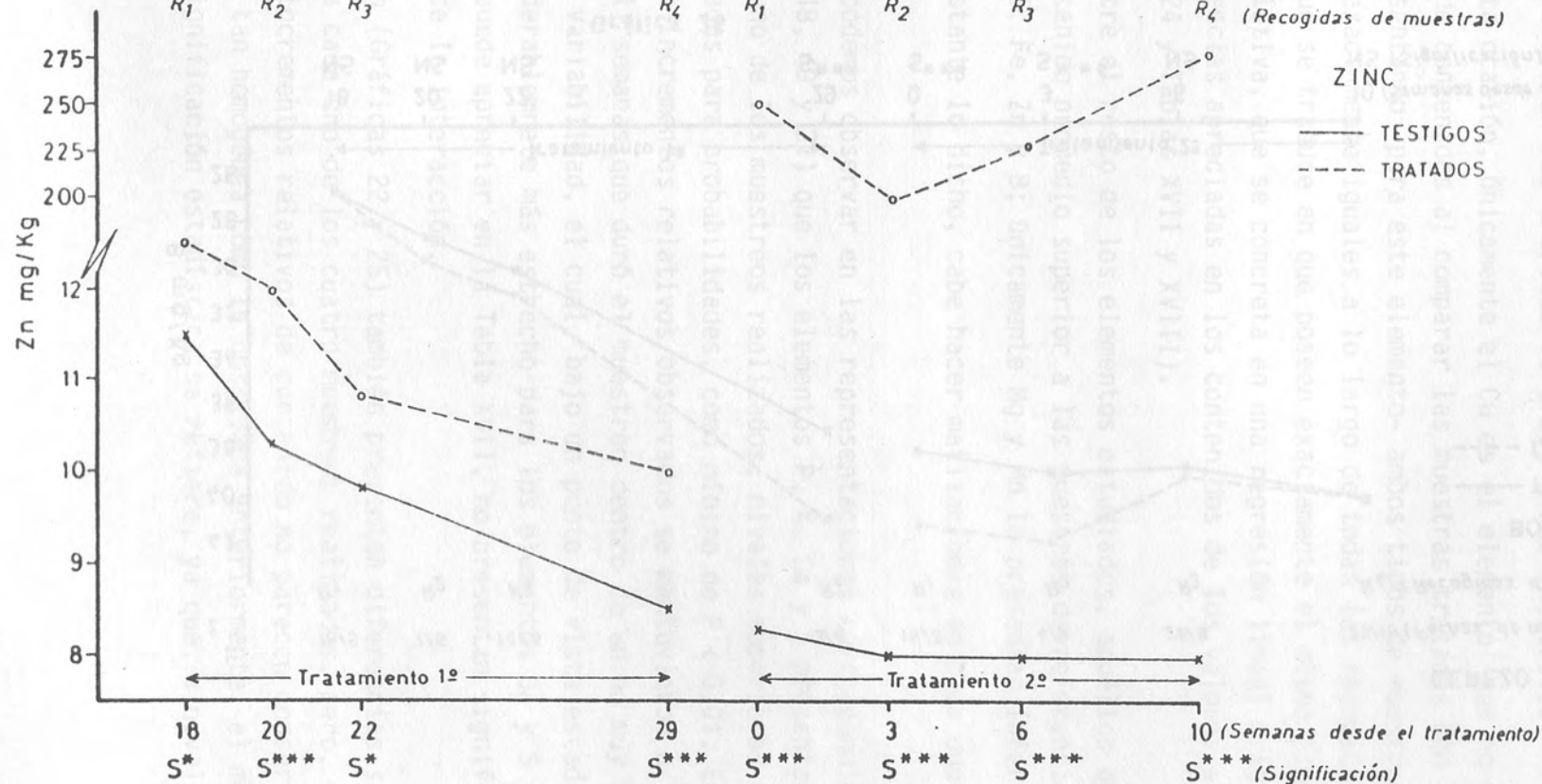
Gráfica 24

CEREZO 1978

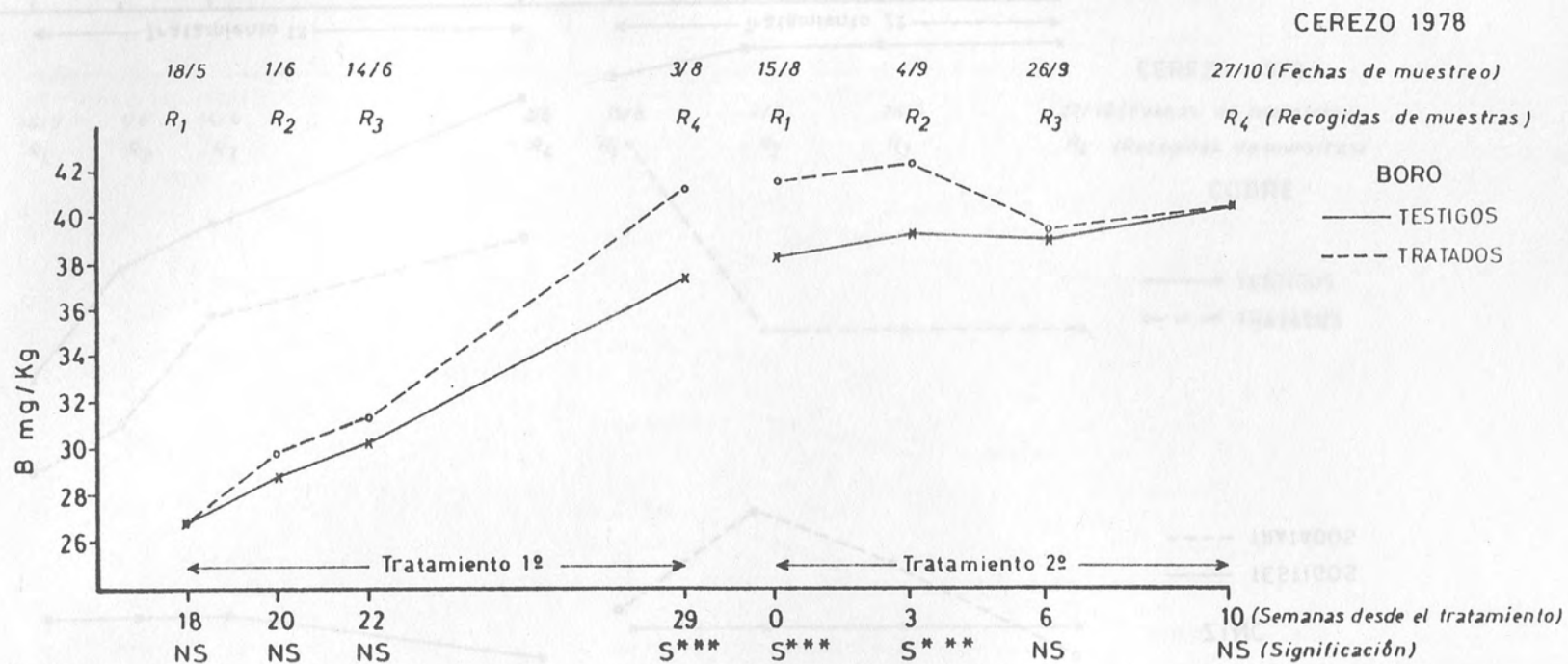
27/10 (Fechas de muestreo)
R₄ (Recogidas de muestras)

ZINC

— TESTIGOS
- - - TRATADOS



Gráfica 25



Gráfica 26

distintos elementos en las Gráficas 16 a 26, ambas inclusive.

En esta ocasión, únicamente el Cu es el elemento que no presenta variación de contenidos al comparar las muestras tratadas con las no tratadas, presentando -para este elemento- ambos tipos de muestras concentraciones exactamente iguales a lo largo de todas las recogidas realizadas, lo que se traduce en que poseen exactamente el mismo tipo de -tendencia evolutiva, que se concreta en una regresión lineal originada por las diferencias apreciadas en los contenidos de los valores extre--mos (Gráfica 24 y Tablas XVII y XVIII).

De entre el resto de los elementos estudiados, aquéllos que presentan un contenido promedio superior a las muestras de referencia son: N, P, K, Ca, S, Fe, Zn y B; únicamente Mg y Mn lo presentan inferior.

No obstante lo dicho, cabe hacer matizaciones en cada uno de estos grupos.

Así, podemos observar en las representaciones correspondientes (Gráficas 17, 18, 19 y 21) que los elementos P, K, Ca y S siempre, en cada uno de los muestreos realizados, niveles superiores en las muestras tratadas para probabilidades, como mínimo de $P < 0,01$. En estos nutrientes los incrementos relativos observados se mantuvieron a lo -- largo de las 11 semanas que duró el muestreo dentro de un no muy am---plio rango de variabilidad, el cual, bajo un punto de vista estadísti--co, fue considerablemente más estrecho para los elementos Ca y S ya -- que, como se puede apreciar en la Tabla XVII, no presentan significativo el efecto de la interacción.

Fe y Zn (Gráficas 22 y 25) también presentan diferencias signi--ficativas para cada uno de los cuatro muestreos realizados, pero, en este caso, los incrementos relativos de contenido no parecen conservarse de una manera tan homogénea como la observada anteriormente, al menos en lo que a significación estadística se refiere, ya que, a nivel de -

evolución, el análisis preliminar de la varianza pone de manifiesto que tampoco existe interacción positiva para el Zn.

De entre todos los elementos cuyo contenido promedio se encuentra sensiblemente aumentado respecto de las muestras testigo, N y B son los únicos que presentan matices claramente diferenciadores en relación a los otros ya citados y entre ellos mismos.

El N (Tabla XVII) presenta significación estadística para los dos factores estudiados y la interacción de los mismos. Las muestras -- tratadas presentan incrementado el contenido foliar de este elemento en cada una de las tres primeras recogidas (Gráfica 16) para una probabilidad $P < 0,01$, pero en la última recogida ambos contenidos son coincidentes. Este comportamiento origina la existencia de una interacción significativa que se circunscribe, fundamentalmente (Tabla XIX) a las distintas pendientes que poseen las ecuaciones lineales que representarían la evolución del elemento con el tiempo, a pesar de que, como puede observarse en la Tabla XVIII, hay otras regresiones curvilíneas que se ajustan mejor a los datos pero que, por el hecho de presentar análogas curvaturas, no interaccionan entre sí.

En contraposición a lo que sucede con el N, el B (Gráfica 26) -- no presenta contenidos significativamente diferentes en ninguna de las tres primeras fechas de muestreos y únicamente lo hace en la cuarta, lo que nos hace poner en duda que ello sea una consecuencia directa del -- tratamiento invernal realizado, aunque, de un modo grosero, podría inferirse una cierta antítesis de comportamiento cualitativo entre este elemento y el del N y Mg. En cuanto a la evolución del elemento tanto en los testigos como en problema los datos son ajustados perfectamente por regresiones lineales de distinta pendiente que explican perfectamente -- la existencia de la interacción (Tablas XVIII y XIX, y Gráfica 26).

Los resultados obtenidos en el estudio de la dinámica foliar de los elementos P, K, Ca, S, Fe y Zn se encuentran en la Tabla XVIII. Las

Gráficas correspondientes (17, 18, 19, 21, 22 y 25) dejan entrever que ninguna de las tendencias evolutivas naturales ha sido alterada, si -- bien encontramos regresiones curvilíneas distintas -entre muestras tratadas y no tratadas- para los elementos P y K. Los nutrientes Ca, S y Zn no poseen interacción significativa (Tabla XVII), siendo ajustadas, por tanto, las tendencias de muestras testigo y tratadas por polinomios del mismo orden de similares características (Tabla XVIII). No ocurre -- esto en el caso del Fe, donde, como se puede apreciar en la Tabla XIX, la descomposición de la interacción es significativa para los efectos -- lineales y cuadráticos.

Para finalizar, nos falta comentar los resultados correspondientes a los elementos Mg y Mn, que, como ya indicamos anteriormente, son los que presentan un contenido promedio inferior a los testigos.

El Mg (Gráfica 20) sólo presenta diferencias significativas en la última recogida. Los contenidos de las muestras tratadas son levemente superiores en los dos primeros muestreos, pero a las tres semanas -- del primer muestreo sus niveles descienden por debajo del correspondiente a los testigos para hacerse claramente diferentes a las 11 semanas -- del mismo. Las tendencias se ajustan a curvas del mismo tipo -lineal, - mejorada por una cúbica en ambas muestras- (Tabla XVIII), y solamente -- las ecuaciones de tipo lineal (Tabla XIX)- son las que difieren ostensiblemente.

El Mn es el único elemento que desde un principio muestra niveles inferiores en cada uno de los muestreos realizados (Gráfica 23), -- aunque los contenidos correspondientes a la tercera recogida de muestras no presentan diferencias estadísticamente significativas. En las Tablas correspondientes (XVIII y XIX) se puede observar que mientras que las -- muestras que recibieron el pesticida evolucionan aumentando su contenido de acuerdo con la ecuación de una línea recta, las testigos se ciñen mejor a una parábola cúbica, siendo este distinto ajuste matemático el responsable de la interacción apreciada.

Al igual que venimos haciendo, vamos a resumir las diferencias observadas. Las hojas de los árboles tratados con polisulfuro de bario presentan las siguientes diferencias frente a los testigos:

- Incremento en las concentraciones foliares medias de N, P, K, Ca, S, Fe, Zn y B. Solamente al final del periodo evaluado se igualan las de N y se hacen diferentes las de B. El resto de los elementos se mantienen con concentraciones diferentes durante todo el tiempo estudiado.

- Disminución de las concentraciones de Mg y Mn. El primero de ellos solamente en el último muestreo; el segundo, a lo largo del mismo de una forma más homogénea.

- No se ve alterado el Cu.

- Ningún elemento ve alterada su evolución natural, aunque si la pauta como ésta se lleva a cabo, lo que queda reflejado en que los datos estén ajustados por unos u otros tipos de curvas.

5.2.4.- Cerezos. Tratamiento segundo: "Fitonil 80 Forte" (zineb, 3215), "Irokar" (dinocap, 2912, 3424) y "Ultracid-40E" (metidación, 1454).

La evolución observada para los nutrientes estudiados en árboles tratados y testigos, se encuentran en las Gráficas 16 a 26, ambas inclusive. Los resultados obtenidos para los valores de F_{exp} en las pruebas estadísticas realizadas se encuentran en las Tablas XX, XXI y XXII.

Al igual que en el caso de los ciruelos, este segundo tratamiento está realizado sobre los mismos árboles que recibieron el primero, - por lo que pueden quedar enmascarados algunos efectos y también, por el contrario, resaltar otros.

Cabe comentar, en primer lugar, a la vista de la Tabla XX, que se obtienen para todos los elementos estudiados diferencias altamente significativas para las concentraciones observadas en muestras tratadas

TABLA XX

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Cerezos. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo

Fuentes de variación	gl	Fexp						F requerida		
		N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento (T)	1	122,30	522,66	1604,87	74,71	1480,00	455,99	4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida (R)	3	16,94	45,77	69,24	175,89	89,12	2,73	3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción (TxR)	3	1,38	5,77	5,91	32,68	90,44	0,63			
Varianza del error	24	$70,4 \cdot 10^{-4}$	$1,9 \cdot 10^{-5}$	$75 \cdot 10^{-5}$	$43,6 \cdot 10^{-4}$	$2,9 \cdot 10^{-4}$	$4 \cdot 10^{-5}$			
	gl	Fe	Mn	Cu	Zn	B		0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento (T)	1	101,98	197,02	539,99	1673,96	44,63		4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida (R)	3	21,20	18,71	9,59	8,92	7,08		3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción (TxR)	3	4,15	3,83	9,59	8,83	11,00				
Varianza del error	24	6,35	6,03	0,208	254,18	0,51				

TABLA XXI

DINAMICA FOLIAR. Cerezos. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo

Fuentes de variación	gl	Fexp.						F requerida		
		N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,001
Muestras testigo	3									
Tendencia lineal	1	20,16	59,20	60,66	521,7	518,96	2,20	4,24	7,77	14,03
Tendencia cuadrática	1	0,20	5,26	0,73	13,48	7,77	0,62			
Tendencia cúbica	1	1,10	0	0,65	3,04	3,62	0,50			
Muestras tratadas	3									
Tendencia lineal	1	30,31	75,9	184,34	80,52	0,27	4,12			
Tendencia cuadrática	1	3,19	11,80	0,43	7,43	4,22	0,62			
Tendencia cúbica	1	0,23	2,63	0,95	0	4,36	0,125			

		Fexp.					F requerida		
		Fe	Mn	Cu	Zn	B	0,05	0,01	0,001
Muestras testigo	3								
Tendencia lineal	1	46,08	53,70	0	0,28	16,56	4,24	7,77	14,0
Tendencia cuadrática	1	0,24	0,50	0	0,15	0,49			
Tendencia cúbica	1	15,60	2,25	0	0,03	3,65			
					(Ve=0,39)				
Muestras tratadas	3								
Tendencia lineal	1	5,91	7,46	34,6	4,69	12,96	4,75	9,33	17,64
Tendencia cuadrática	1	3,55	0,37	19,2	20,35	0,12			
Tendencia cúbica	1	5,52	3,31	3,84	1,67	20,6			
					(Ve=508)				

TABLA XXII
Descomposición de la Interacción
Cerezos. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo

Fuente de variación	gl	Fexp						F requerida		
		N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,01
Interacción (TxR)	3									
Efecto lineal	1	---	0,52	16,75	74,10	271,37	---	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	---	16,44	1,16	0,44	0,26	---			
Efecto cúbico	1	---	0,13	1,59	1,52	0,05	---			

	gl	Fexp.					F requerida		
		Fe	Mn	Cu	Zn	B	0,05	0,01	0,01
Interacción (TxR)	3								
Efecto lineal	1	10,24	10,57	17,30	4,79	29,42	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	0,96	0,87	9,61	10,27	0,06			
Efecto cúbico	1	1,27	0,05	1,92	1,66	4,32			

y testigos, viéndose afectado incluso el Cu, único elemento que permaneció, con posterioridad al tratamiento anterior, con idénticas concentraciones que los testigos.

Los elementos: NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, AZUFRE, HIERRO, COBRE y ZINC presentan una concentración foliar media bastante superior en las muestras provenientes de los árboles que recibieron la aplicación de los pesticidas y, además, presentan siempre diferencias altamente significativas para cada uno de los muestreos realizados (Gráficas 16, 17, 18, 21, 22, 24 y 25). Estas mismas gráficas muestran que los efectos apreciados en N, S, Cu y Zn están claramente determinados por la aplicación de estos plaguicidas. Lo mismo puede decirse del fósforo, aunque en éste parece darse una superposición de efectos teniendo en cuenta el tratamiento anterior. Resulta difícil de precisar, en un primer examen, la influencia que esta aplicación fitosanitaria haya podido ejercer sobre la dinámica de K y Fe, ya que no se aprecian efectos, claramente diferenciados -en lo que a variaciones de contenido se refiere- con respecto al comportamiento observado para el tratamiento invernal con polisulfuro de bario.

La no existencia de interacción entre efectos principales para los elementos N y S (Tabla XX) pone de manifiesto que las innovaciones introducidas por el tratamiento se mantienen dentro de unos límites que no llegan a alcanzar significación estadística, por comparación con los testigos, a lo largo de todo el periodo estudiado. Según se puede observar en la Tabla XXI, el N es, en ambos casos, ajustado por regresiones lineales mientras que el S, en el periodo de tiempo que duró la experiencia, no presenta tendencia alguna, de acuerdo con lo que cabía esperar -del resultado obtenido para el efecto de la recogida y el de la interacción.

En la Tabla XXI, se encuentran los resultados obtenidos al separar la suma de cuadrados, correspondientes a los efectos de la recogida y de la interacción, en componentes lineales, cuadráticos y cúbicos a -

cada uno de los niveles del factor tratamiento. Allí se puede apreciar que P, K y Fe -del grupo de elementos citados anteriormente- son ajustados por el mismo tipo de regresión y, en la Tabla XXII, cuáles de ellas son los responsables fundamentales de la interacción.

Por el contrario, Cu y Zn (Gráficas 24 y 25; Tablas XXI y XXII) mantienen una evolución claramente distinta según el tipo de muestra -considerado. Así, mientras que para el primero de estos elementos las muestras testigos no presentan ningún tipo de tendencia -al no variar el contenido de Cu con el tiempo-, el fuerte incremento detectado en las muestras tratadas evoluciona hacia el descenso, de acuerdo con una ecuación de segundo grado. En el Zn -donde dadas las características -de los datos se ha calculado una varianza, de acuerdo con la procedencia de los mismos- tampoco se detecta tendencia alguna, en el tiempo -que duró la experiencia, para muestras testigos, mientras que las tratadas tienden, en conjunto, a aumentar, pero presentando un fuerte valle central que le hace quedar ajustado mediante la ecuación de una parábola.

El BORO es otro de los elementos para los que se detecta un incremento global respecto a los testigos. Sin embargo, como se observa en la Gráfica 26, este incremento -que ya se había manifestado, incluso con una intensidad similar en los datos correspondientes al último muestreo del tratamiento anterior- persiste solamente en las dos primeras recogidas posteriores a la aplicación de este tratamiento, siendo sensiblemente iguales las concentraciones halladas en la tercera recogida y totalmente idénticas en la cuarta. Por ello, parece difícil precisar de qué modo se ve influenciado este elemento, ya que no se puede discernir si los plaguicidas aplicados, caso de ejercer alguna acción, contribuyen a mantener temporalmente esa diferencia o, por el contrario, contribuyen a que desaparezca. En cualquier caso, lo que sí podemos indicar es que las máximas diferencias de comportamiento se dan en el periodo de tiempo comprendido entre las tres y seis semanas siguientes a



La aplicación de los productos, mientras que el contenido va incrementándose suavemente con el tiempo en muestras testigo, de acuerdo, fundamentalmente, con la ecuación de una línea recta. En las muestras tratadas, la tendencia global está invertida y, además, los datos evolucionan de acuerdo a una parábola cúbica (Tabla XXI).

Para los tres elementos restantes, Ca, Mg y Mn, que presentan un contenido promedio en muestras tratadas inferior al de los testigos, parece que el tratamiento ejerce sobre ellos una influencia decisiva.

El Ca aún conserva niveles estadísticamente superiores en muestras tratadas durante las dos primeras recogidas (Gráfica 19), pero a partir de aquí su incremento, por comparación con los testigos, es mucho más pausado y ello hace que se invierta la apreciación antes mencionada y que estas nuevas diferencias se vayan incrementando con el tiempo. No obstante, los ajustes matemáticos quedan representados por curvas de la misma tendencia (Tabla XXI) y la interacción (Tabla XXII) se manifiesta, fundamentalmente, como efecto lineal.

El Mg, aunque ya presenta contenidos inferiores en muestras tratadas, con carácter de significación estadística en la última recogida del tratamiento anterior (Gráfica 20) resulta más afectado que el Ca, ya que no solamente disminuye su concentración foliar respecto a la última recogida citada, sino que también ve alterada cualitativamente su dinámica foliar. Así, mientras que la tendencia natural de este elemento es a aumentar sus niveles foliares con el transcurso del tiempo, las muestras tratadas no presentan diferencias entre las recogidas extremas y el descenso producido a las seis semanas de aplicado el tratamiento hace que su evolución quede ajustada por una parábola cúbica (Tabla XXI); sin embargo, la interacción está basada, casi exclusivamente, en el efecto lineal (Tabla XXII). En este cultivo, el Mg parece verse afectado con bastante más facilidad que el Ca.

El último de los elementos que nos resta por comentar, el Mn, - tiene un comportamiento similar al observado a lo largo del estudio anterior (Gráfica 23) aunque en esta ocasión bastante mejor definido.- Como en el caso del Mg, ya está disminuido en muestras tratadas antes - de proceder a la realización de este tratamiento, pero, con posterioridad al mismo, se observa que esas diferencias se van haciendo cada vez mayores. La tendencia natural de este elemento a incrementarse con el - tiempo no se ve alterada cualitativamente, aunque sí cuantitativamente, tal y como se puede observar en la Gráfica citada y en las Tablas XX, - XXI y XXII.

Los efectos diferenciadores entre las muestras tratadas y las - que no lo fueron, se puede resumir de la siguiente forma:

- El análisis de la varianza revela diferencias entre muestras tratadas y no tratadas para todos los elementos estudiados.
- Se encuentran con un contenido promedio mayor los elementos N, P, K, S, Fe, Cu, Zn y B de las muestras tratadas y con uno menor Ca, Mg y Mn.
- Mg, Cu, Zn y B ven alterada su tendencia natural, no sólo en cuanto a contenido sino también en cuanto a la forma.
- N y S, aunque se encuentran notablemente incrementado en muestras tratadas, evolucionan en forma muy similar a como lo hacen en testigos, razón por la que no se detecta interacción para los efectos principales.
- El resto de los elementos analizados (P, K, Ca, Fe y Mn), aunque presentan interacción, conservan la tendencia global del elemento - con el tiempo, pero no la forma de llevarla a cabo.

5.3.- Discusión de los efectos observados en el primer tratamiento del primer año de experiencias a tenor de las características de los productos utilizados y de los antecedentes bibliográficos.

Como ya hemos descrito anteriormente, y a la vista del resumen recopilado en la Tabla XXIII, se puede apreciar que, a pesar de que los dos cultivos sobre los que se aplicó el tratamiento invernal de polisulfuro de bario (1211), pertenecen al mismo género, presentan algunas connotaciones, claramente diferentes, como respuesta a dicho tratamiento.

Estos matices claramente diferenciados en el comportamiento de una y otra especie afectan, fundamentalmente, a los elementos NITROGENO, (CALCIO), MANGANESO, ZINC y HIERRO, ya que el incremento global observado para el B en cerezos está provocado sólo por los resultados obtenidos en la última de las recogidas, realizada el 3/8.

Existe, por el contrario, buena concordancia en lo que respecta a los elementos (FOSFORO), POTASIO, MAGNESIO, AZUFRE y COBRE, siendo éste último el único elemento que comparte el hecho de no verse alterado ni en ciruelos ni en cerezos.

En la Tabla XXIV presentamos los resultados obtenidos en el análisis del producto comercial utilizado, así como una aproximación de los mg de los nutrientes estudiados que pudieron ser pulverizados sobre cada árbol tratado.

El dato más interesante parece radicar en el S, elemento del -- que, como mínimo, correspondieron más de 67 g por árbol tratado. Esta cantidad parece ser suficiente para explicar, por sí misma, que, efectivamente, las muestras procedentes de aquellos árboles que recibieron el tratamiento, pueden presentar un contenido superior en este elemento que las que no lo recibieron.

Son importantes también las cantidades de Ca y Fe que se han detectado incorporados al producto comercial. En principio, un aporte de

TABLA XXIII

Resumen de los efectos observados en las concentraciones foliares de nutrientes y en la dinámica de los mismos en ambos cultivos, tras la aplicación del primer tratamiento del primer año de experiencias. (1978).

CIRUELOS													
Ef. global observado	Ef. individual. por recogidas				Modificación ten- dencia fisiológica.		Ef. global observado	Ef. individual. por recogidas.				Modificación ten- dencia fisiológica.	
	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	Cualit.	Cuantit.		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	Cualit.	Cuantit.
Nitrógeno	-	-	-	-	Si	Si	+	+	+	+	0	No	Si
Fósforo	+	0	+	+	(No)	Si	+	+	+	+	+	No	Si
Potasio	+	+	+	+	No	Si	+	+	+	+	+	No	Si
Calcio	0 (+,-)	+	0	0	No	Si	+	+	+	+	+	No	No
Magnesio	-	0	-	-	No	Si	-	0	0	0	-	No	Si
Azufre	+	+	+	+	Si	Si	+	+	+	+	+	No	No
Hierro	0 (+,-)	+	+	0	No	Si	+	+	+	+	+	No	Si
Manganeso	+	+	+	0	Si	Si	-	-	-	0	-	No	Si
Cobre	0	0	0	0	No	No	0	0	0	0	0	No	No
Zinc	0	0	0	0	No	No	+	+	+	+	+	No	No
Boro	0	0	0	0	No	No	+	0	0	0	+	No	Si

- = concentración estadísticamente inferior al testigo

+

0 = concentración estadísticamente igual al testigo

TABLA XXIV

Resultados analíticos del plaguicida utilizado en el primer tratamiento del primer año de experiencias (1978): "Solbar" (polisulfuro de bario, 1211).

<u>Elemento analizado</u>	<u>mg/Kg de producto comercial</u>	<u>Estimación de elemento pul- verizado por árbol (mg).</u>
N	----	----
P	----	----
K	----	----
Ca	1325	500
Mg	32	12
S	> 180.330	> 67.500
Fe	126	47
Mn	----	----
Cu	16	6
Zn	38	14
B	3	1.1

500 mg de Ca/árbol no serían suficiente para producir incrementos de concentración del orden del 0,1%, como los obtenidos (Gráficas 8 y 19). En el caso del Fe, 50 mg/árbol sí podrían explicar el aumento medio observado de 7 mg/Kg.

Creemos importante destacar que el porte de los cerezos que recibieron el tratamiento era sensiblemente menor que el de los correspondientes ciruelos; ello podría contribuir a explicar el hecho diferenciador observado para el Ca y Fe y, quizás el del Zn, donde el incremento promedio obtenido en cerezos no llega a 2 mg/Kg de peso seco, pudiendo por tanto, ser importante un suministro global de 15 mg Zn/árbol.

Los resultados obtenidos en el análisis del plaguicida podrían - contribuir a explicar de esta manera los incrementos de estos tres elementos-Ca, Fe y Zn- y también, aunque no sea significativo, el incremento - inicial de Mg observado, sobre todo, en cerezos (Gráfica 20).

El resto de las alteraciones producidas se originarían, por tanto, de una forma indirecta, bien como consecuencia de las modificaciones introducidas, bien como una respuesta profunda, por parte de la planta, - a los productos recibidos.

Para ello es necesario en primer lugar aceptar que, de alguna manera, el plaguicida pulverizado va a ser absorbido en cierta medida por el árbol, es decir, que ha de tener un cierto poder de penetración, aunque no conviene olvidar que, en general, una parte del pesticida caerá - al suelo por goteo o escurrimiento y desde allí, como tal o transformado, puede ser absorbido por vía radicular.

En general, los polisulfuros con sustancias que se consideran - que actúan por contacto (HASSEL, 1969)y, como tales pesticidas, forman depósitos superficiales cuya tenacidad está ligada al tamaño de la partícula.

TABLA XXV

- Clasificación dada por POWEL, y SHURTLEFF a algunos parámetros fitosanitarios del polisulfuro de calcio

<u>Formación de residuos</u>	<u>Acción por contacto</u>	<u>Acción terapéutica directa</u>
----------------------------------	--------------------------------	---------------------------------------

3

3

2

Poder
sistémico

Acción
fungicida

Acción
fungistática

0

3

1

POWELL y SHURTLEFF (1976), en una clasificación acerca de las características observadas en algunos fungicidas de uso común, puntúan al polisulfuro de calcio -único polisulfuro que allí aparece- con valores comprendidos desde cero -mínimo- hasta tres -máximo-, según puede apreciarse en la Tabla XXV.

Ya anteriormente, HORSFALL (1956) había descrito que cuando el azufre lleva los coadyuvantes apropiados, no sólo actúa como buen protector sino que ejerce acción terapéutica directa erradicando patógenos ya establecidos.

La acción fungicida de los polisulfuros se adscribe al mismo modo de actuar del azufre (BARBERA, 1976); la acción sobre cochinillas parece ser debido a que provocan un reblandecimiento del caparazón que las protege y, como consecuencia, la asfixia.

Son varias las teorías que intentan explicar la acción fungicida del azufre y HORSFALL (1957) opina que el azufre, al atravesar las membranas de las esporas, es capaz de introducirse en el metabolismo y, dada la similitud estructural con el oxígeno, el hongo no distinguiría entre ambos y quedaría incorporado a los procesos bioquímicos del mismo.

Lo que verdaderamente resulta interesante para nosotros es dejar sentado, no ya el mecanismo exacto de la actuación fungicida del S, sino el hecho de que este elemento es capaz no sólo de atravesar membranas biológicas sino que, además, es muy fácilmente engarzado en sistemas bioquímicos redox, y esto, no sólo a nivel de hongos, sino también a nivel de plantas, tal y como describe HASSALL (1969).

TURREL y WEBER (1955) y THOMAS y col. (1944), ya indicaron que el S elemental puede ser absorbido por hojas de limoneros y que se puede metabolizar en un periodo muy corto de tiempo.

Además RECALDE y MARTIN (1968) observaron, en olivo, que la sustitución de ciertos pesticidas, de cuya fórmula formaba parte el azufre

elemental, era la causa de la deficiencia temporal de este elemento detectada en los momentos de la prefloración. OLSEN (1957) observó que -- las plantas de algodón podían absorber SO_2 de la atmósfera en cantidades importantes, pero que esta fuente, con ser importante, era inadecuada como única fuente de S, aunque constituía una fuente suplementaria - importante.

Son escasísimas las referencias bibliográficas que hemos encontrado relacionadas con algún tipo de efecto causado por la aplicación - de polisulfuros, y sólo una referida al polisulfuro de bario y, en concreto, a actividades enzimáticas.

KAMAL y WOODBRIDGE (1960) publicaron que al aplicar polisulfuro de calcio a una concentración de 11 galones/100 galones de agua, una so la vez, en periodo vegetativo inactivo, sobre perales "Bartlett", no en contraron variación alguna, respecto a los testigos, en diversas fraccione s de N analizados en muestras foliares obtenidas el día 4 de septiembre. Sin embargo cuando la mezcla pulverizada estaba constituida por -- 1,5 galones de aceite mineral + 3 galones de polisulfuro de Ca/100 galo nes de H_2O se obtuvieron incrementos significativos para N - total y N-proteíco, encontrando el mismo efecto en los dos años que repitieron la experiencia. La sola aplicación de 5 galones de aceite mineral al 80% - en 100 galones de agua tampoco produjo variación alguna. Los autores in dican que esto se podría explicar aceptando que en la mezcla aceite + - polisulfuro, el aceite ayudaría a penetrar al Ca y al S dentro de los - tejidos del árbol, siendo éste el hecho responsable de la acumulación - del N.

Salvando las distancias pertinentes habría una cierta concor-- dancia entre estos resultados y los observados por nosotros en cerezos, y una evidente contradicción con los correspondientes a ciruelos.

Existen otros trabajos que corroboran que la aplicación de polili sulfuro -polisulfuro de Ca, en concreto- alteran los procesos bioquími-

cos y fisiológicos en las plantas. Así, PASOL y col. (1971) comprobaron que la aplicación invernal de insecticidas (entre ellos el polisulfuro de Ca) afectaba a la respiración, transpiración y contenido en materia seca de hojas y ramas de ciruelos, dependiendo del tiempo, frecuencia e incluso del año de aplicación. MILWARD y SKERRETT (1971) observaron que, en la oscuridad, aumentaba la respiración de plantas de judías que habían sido tratadas con el mismo producto. Incrementos en la respiración también habían sido observados, en manzanos, por HOFFMAN (1935) y HYRE (1939) y por KRUSTEVE (1967). MILWARD y col. (1974) encontraron, en plantas de judías y grosella negra que, como consecuencia de la aplicación de polisulfuro de calcio, se producían alteraciones en las concentraciones de algunos constituyentes del ciclo de los ácidos tricarboxílicos, incrementándose, en particular, el ácido succínico, lo que sugiere a los autores que el plaguicida podría ocasionar un bloqueo de la enzima succínico deshidrogenasa. Sobre este hecho concreto volveremos más tarde, en el capítulo dedicado al análisis en profundidad de los efectos observados. Los autores mencionados comprobaron que, en el segundo de los cultivos citados, la edad de la hoja influye en la magnitud de los cambios observados; este hecho junto con algunos otros, puede ser de vital importancia para comprender la existencia de comunicaciones contradictorias acerca de los efectos observados por la aplicación de productos plaguicidas. En un trabajo posterior, MILWARD y SKERRETT (1974) comprobaron también la existencia de cambios en las concentraciones de algunos cetoácidos en plantas de judías tratadas con polisulfuro de Calcio. Es necesario resaltar que las plantas fueron sumergidas en solución del plaguicida al 1% conteniendo como mojante "Ethylan CP" al 0,02%; lo que, sin duda, favorecerá la penetración del principio activo del producto, así como, probablemente, de sus coadyuvantes. Nos parece interesante resaltar el hecho de que los autores se inclinan a pensar basados en antecedentes bibliográficos, que sea el ciclo de las pentosas -- fosfato el responsable, en mayor grado que el ciclo de Krebs, del incre

mento observado en la respiración de las plantas tratadas. Este hecho - podría conjugar un aumento en la concentración de algunos ácidos consti tuyentes del mismo, con incrementos en el desprendimiento de CO_2 . Además esta vía favorecerá la producción de ácido shiquímico y de compues- tos aromáticos, entre otros productos, como es sabido.

De otro lado, DAVIS y col. (1974, 1976) han encontrado, en expe- rimentos llevados a cabo en el campo, que la aplicación de fungicidas - azufrados produce variaciones en los contenidos de K, Fe y Ca en pieles de patatas. La disminución observada para el Ca se daba también a nivel de peciolo, siendo esto atribuido por los autores a una acción directa de los productos fungicidas aplicados.

Existe, por tanto, una cierta evidencia de que un producto, co- mo el polisulfuro de Ca, considerado como un plaguicida de acción exter na y persistente, es capaz de producir, al menos en determinadas circuns- tancias, importantes cambios metabólicos.

Esta idea de interacción del plaguicida con la planta, y en con creto de un polisulfuro (el de bario, en nuestro caso) parece quedar -- claramente confirmada en el presente trabajo. Hay que tener en cuenta - también, como ya fue indicado por WESTWOOD y col. (1960) para determina- das sustancias, que las plantas poseen respuestas condicionadas a la es pecie, estado nutritivo, condiciones experimentales, dosis de aplica- ción, etc.

Aunque la mayoría de las experiencias descritas por los diver- sos autores se han realizado sobre plantas con follaje, y no ha sido - este nuestro caso, no hay que olvidar, como ya mencionamos al principio de esta Memoria, la existencia de varios trabajos que ponen de manifies- to haber una considerable absorción, no sólo a través del tallo de las plantas herbáceas sino también a través del tronco de las plantas leño- sas.

Además, WITTWER y TEUBNER (1959), en su revisión sobre la absorción foliar de nutrientes minerales, recogen amplia información acerca del activo papel que juega la corteza de los árboles frutales en este proceso, citándose casos muy concretos, como son la absorción -a través de la corteza- de S, Fe y Zn, entre otros nutrientes. Este tipo de absorción parece ser más rápida cuando se realiza en una etapa activa - del desarrollo vegetal; la entrada de productos estará facilitada también por las heridas de poda, grietas, etc. La realización de pulverizaciones sobre la totalidad del árbol en periodos vegetativos inactivos - puede contribuir, de esta forma, a la nutrición de la planta a más largo plazo.

Lo que antecede puede justificar plenamente el hecho de que un tratamiento invernal sobre árboles frutales, como es nuestro caso, pueda influenciar el estado nutritivo del vegetal.

Por último, recordaremos la importancia de los cambios químicos que puede sufrir el polisulfuro una vez pulverizado sobre el árbol, que ya fueron considerados anteriormente. Merced a esos cambios, los cuales se pueden constituir en un proceso cíclico, el polisulfuro se manifiesta como un plaguicida persistente, aún rompiendo la regla de que un producto persistente debe ser, a la vez, estable e insoluble, pudiéndose facilitar, de esta forma, su gradual penetración en la planta.

5.4.- Consideraciones acerca del estado nutritivo de los cultivos y de la influencia que sobre el mismo ejerce el tratamiento con "SOLBAR" -- (polisulfuro de bario, 1211).

En las Tablas XXVI y XXXIV hemos recogido -con fines meramente orientativos- los márgenes de normalidad dados por distintos investigadores para los elementos estudiados en ambos cultivos.

No hemos encontrado información nacional para poderla tomar como referencia. La bibliografía consultada está referida a diversas varie-

TABLA XXVI

Concentración foliar de nutrientes tomada como referencia de zona óptima de normalidad para ciruelos.

	%						mg/Kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
VANG-PETERSEN y HANSEN (1973)	2,4-2,8	0,20-0,40	2,0-2,5	1,2-2,0	0,20-0,30	-	-	30-150	-	-	20-50
* VAN-PETERSEN y HANSEN (1973)	2,3-2,8	0,15-0,30	2,2-2,8	1,6-2,1	0,25-0,40	-	-	30-150	-	-	20-50
SHEAR y FAUST (1980)	2,1-3,0	-	2,0-3,5	2,0-4,0	0,20-0,40	0,20-0,70	-	50-150	-	5-10	30-56
CHILDERS (1982)	1,80- 2,10	0,14-0,25	1,50-2,50	2,0-4,0	0,18-	0,12-0,17	50-100	53-93	25-50	7-10	33-50
LEECE (1976)	2,4-3,0	0,14-0,25	1,6-3,0	1,5-3,0	0,30-0,80	0,20-0,40	100-250	40-160	20-50	6-16	25-60
MEDIA	2,20-2,74	0,16-0,30	1,86-2,86	1,66-3,02	0,28-0,47	0,17-0,42	75-175	40-140	22-50	6-12	25-53

* Datos propuestos para frutales holandeses.

dades cultivadas en suelos y zonas distintas. Dado que es el único material de referencia que poseemos, contrastaremos nuestros datos con la media obtenida para cada elemento a partir de los datos suministrados por las fuentes mencionadas en las citadas tablas. Esos datos están, generalmente, referidos a muestreos realizados cuando la variación de nutrientes es mínima, época ésta situada por los investigadores citados hacia mediados del verano o, en ocasiones, un poco antes.

Para realizar esta comparación hemos elegido los valores obtenidos por nosotros en la cuarta y última recogida de la experiencia, -- que fué realizada el día 3 de agosto.

5.4.1.- Ciruelos

5.4.1.1.- Zona de normalidad

Las Tablas XXVII y XXVIII recogen los valores promedios obtenidos a partir de las cuatro distintas recogidas realizadas a lo largo de la experiencia, tanto para muestras tratadas como para muestras testigos. La primera de estas tablas recoge los valores obtenidos para macronutrientes. Así mismo, en cada una de ellas, está reflejada la relación de la intensidad de distribución entre ellos.

De acuerdo con los valores medios obtenidos en la Tabla XXVI, -- las muestras testigo de ciruelos presentan contenidos superiores a los intervalos de normalidad indicados para los elementos N y Mg. Por el -- contrario, presentan contenidos inferiores para K, Fe, Mn y Zn. El resto se encuentra dentro de los intervalos de normalidad.

Sin embargo, aquellas otras muestras que recibieron el tratamiento a base de polisulfuro parecen haber corregido las desviaciones -- observadas en N, Mg y K y mejorado el resto de las desviaciones anotadas.

TABLA XXVII

Ciruelos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del primer tratamiento del primer año de experiencias (1978)

TESTIGOS

Recogida	Concentración foliar en % sobre material seco						TOTAL	Porcentaje de cada elemento con relación al total					
	N	P	K	Ca	Mg	S		N	P	K	Ca	Mg	S
1ª	3,20	0,188	1,19	1,28	0,34	0,153	6,35	50,4	2,96	18,7	20,2	5,35	2,41
2ª	3,07	0,180	1,11	1,60	0,41	0,170	6,54	46,9	2,75	17,0	24,5	6,27	2,60
3ª	3,26	0,173	1,18	1,71	0,41	0,163	6,90	47,2	2,51	17,1	24,8	5,94	2,36
4ª	3,23	0,143	1,64	2,40	0,50	0,173	8,09	39,9	1,77	20,3	29,7	6,18	2,14

TRATADAS

	N	P	K	Ca	Mg	S		N	P	K	Ca	Mg	S
1ª	2,77	0,190	1,79	1,41	0,34	0,195	6,70	41,3	2,84	26,7	21,0	5,07	2,91
2ª	2,83	0,193	1,83	1,61	0,38	0,195	7,04	40,2	2,74	26,0	22,9	5,40	2,77
3ª	3,00	0,188	1,78	1,67	0,37	0,180	7,19	41,7	2,61	24,8	23,2	5,15	2,50
4ª	2,62	0,150	2,01	2,25	0,45	0,188	7,67	34,2	1,96	26,2	29,3	5,87	2,45

TABLA XXVIII

Ciruelos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del primer tratamiento del primer año de experiencias (1978).

TESTIGOS

<u>Recogida</u>	<u>Concentración foliar en meq/Kg de material seco</u>					<u>TOTAL</u>	<u>Porcentaje de cada elemento con relación al total</u>				
	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Zn</u>	<u>Cu</u>	<u>B</u>		<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Zn</u>	<u>Cu</u>	<u>B</u>
1ª	33,5	17,8	22,5	7,8	21,0	102,6	32,6	17,3	21,9	7,6	20,5
2ª	44,3	20,0	21,8	8,3	19,5	113,9	38,8	17,5	19,1	7,2	17,1
3ª	58,3	20,3	21,3	9,8	19,8	129,5	45,0	15,7	16,4	7,6	15,3
4ª	72,5	20,5	18,8	9,0	25,0	134,1	45,3	15,3	14,0	6,7	18,6

TRATADOS

	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>	<u>TOTAL</u>	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>
1ª	39,0	23,3	22,8	8,0	20,3	113,4	34,4	20,5	20,1	7,1	17,9
2ª	47,8	22,3	22,3	8,5	19,3	120,2	39,8	18,6	18,6	7,1	16,1
3ª	59,5	22,3	21,8	9,5	19,0	132,1	45,0	16,9	16,5	7,2	14,4
4ª	61,5	20,5	19,8	9,0	24,0	145,8	49,7	14,1	13,6	6,2	16,5

TABLA XXIX

Condiciones climáticas. Año 1978

Media de los años 1950-1981

Meses	Temperaturas			Pluviometria	% H.R.	Media de los años 1950-1981				
	Max.	Min.	Med.			Temperaturas			Pluviometria	% H.R.
Enero	10,5	3,1	6,8	35,2	85	12,4	2,8	7,6	54,6	78
Febrero	14,8	5,1	10,0	64,2	77	13,5	3,5	8,5	59,9	72
Marzo	17,3	5,3	11,3	58,6	78	16,6	5,2	10,8	60,9	69
Abril	16,6	7,5	12,0	54,6	76	18,8	7,4	13,1	46,9	66
Mayo	20,6	9,1	14,8	62,1	74	23,7	10,6	17,2	41,2	60
Junio	24,3	12,8	18,5	23,7	60	28,7	13,7	21,2	14,1	53
Julio	34,5	17,9	26,2	0	36	34,1	17,0	25,5	2,3	44
Agosto	33,1	17,9	25,5	2,0	42	32,9	17,3	25,1	4,7	47
Septiembre	30,9	15,4	23,2	0,5	52	28,3	14,1	21,3	25,7	57
Octubre	22,8	8,9	15,8	6,2	69	22,2	10	16,1	57,9	67
Noviembre	15,7	5,9	10,8	27,7	80	16,3	5,7	11,0	54,2	74
Diciembre	13,8	6,5	10,2	55,1	82	12,7	2,9	7,8	65,3	77

TABLA XXX

Características del suelo de cultivo

Profundidad muestra (cm)	%Arena	%Limo	%Arcilla	Textura
25 - 30	46	46	8	Franco-arenosa
75 -110	32	58	10	Franco-limoso

Profundidad muestra (cm)	-----mg/100g-----			
	% M.O.	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
25 - 30	1,6	122,5	78,3	10,0
75 -110	0,7	82,6	10,5	8,8

Profundidad muestra (cm)	%CO ₃ Ca eq.	%CO ₃ Ca act.	pH
25 - 30	9,2	1,9	7,96
75 -110	10,3	2,0	8,10

En base a estos resultados da la impresión de que el tratamiento plaguicida ha mejorado el estado nutritivo de los árboles.

Algunos autores, como ARCHIBALD (1964), VANG-PETERSEN y HANSEN (1973), BENSON y col. (1966) y otros ya citados en la Introducción, dicen que, cuando no existe una adecuada humedad en el suelo, no se produce una absorción correcta de determinados nutrientes, en particular P y K, los cuales se encuentran disminuidos en el tejido foliar. Sin embargo, a la vista de las condiciones climáticas a lo largo de los siete -- primeros meses del año 1978, condiciones que se recogen en la Tabla -- XXIX, no se pueden imputar a una baja pluviosidad los inferiores contenidos observados para estos nutrientes, respecto a los límites de normalidad expresados.

En cambio el análisis del suelo sí que puede arrojar alguna -- luz acerca de las desviaciones de la normalidad en lo que a concentración foliar de nutrientes se refiere en muestras testigo (Tabla XXX).

Estos datos evidencian la existencia de una textura gruesa superficial que, como ya indicamos en la Introducción, conlleva un menor contenido en oligoelementos que aquellos otros suelos de textura más fina; si unimos este hecho a la existencia de un $\text{pH} = 8$ y a un contenido medianamente bajo en materia orgánica, obtendremos tres factores que favorecen la existencia en la planta de un contenido bajo de metales pesados, siendo esto precisamente lo que parece ocurrir con los elementos - Fe, Mn y Zn.

Por otra parte, JONES y HAGHIRI (1963) encontraron que un pH - alto favorece la absorción de Mg, lo que también parece estar en la línea de los resultados obtenidos en este trabajo, fundamentalmente en -- muestras testigo.

Además, la Tabla XXX muestra que el suelo tiene un contenido - francamente bajo en K, medianamente alto para P, y bastante bueno para

N, según lo que es usual en la Vega de Granada. Por ello, podemos concluir que las observaciones realizadas al estado nutritivo del cultivo son bastante concordantes con los resultados obtenidos en el análisis del suelo.

Sin embargo, es conveniente volver a resaltar que las comparaciones han sido realizadas con datos que no pertenecen ni a la variedad que hemos estudiado ni a la región donde está ubicada.

Por otra parte, si comparamos los resultados obtenidos para la concentración relativa de macro y micronutrientes en relación al contenido total de los mismos, expresado en peso seco (Tablas XXVII y XXVIII) encontramos, en general, una buena correlación de comportamiento por -- comparación con las concentraciones foliares absolutas entre muestras -- testigo y muestras tratadas, si bien, la evolución observada para los -- nutrientes, entre ambas formas de expresión dentro de cada tipo de muestra, no siempre presenta una estricta concordancia.

5.4.1.2.- Nutrición equilibrada

Es de sobra conocido que el concepto de concentración crítica es un criterio estático de interpretación que no refleja la interrelación entre los nutrientes minerales. Por ello, se han descrito diversos criterios interpretativos basados en la "nutrición equilibrada" que permiten, con los mismos datos analíticos, obtener una versión más completa del estado nutritivo de la planta; algunos de ellos, están recogidos en el capítulo de Introducción.

Los equilibrios ternarios óptimos son bastante utilizados con -- fines de diagnóstico y está bien establecido que poseen un valor diagnóstico superior al de los valores absolutos de concentración foliar de los nutrientes, ya que parecen tener una marcada independencia de las condiciones climáticas, de la variedad de la planta, de las técnicas de cultivo (GONZALEZ y col., 1967, 1970a, 1970b; MAZUELOS y col., 1979) e inclu-

TABLA XXXI

Ciruelos. Primer año de experiencias. (1978). Tratamiento primero. Valores para equilibrios ternarios.

Recogida	N-10P-K						K-Ca-Mg					
	Testigos			Tratadas			Testigos			Tratadas		
	N	10P	K	N	10P	K	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
1ª	51	30	19	43	29	28	42	46	12	50	40	9
2ª	51	30	19	43	29	28	36	51	13	48	42	10
3ª	53	28	19	45	28	27	36	52	12	46	44	10
4ª	51	23	26	43	24	33	36	53	11	43	48	9

Recogida	Fe-Mn-Zn					
	Testigos			Tratadas		
	Fe	Mn	Zn	Fe	Mn	Zn
1ª	45	24	31	46	27	27
2ª	51	23	24	52	24	24
3ª	58	20	22	57	22	21
4ª	61	20	19	64	18	18

so de las especies vegetales (ESTEBAN, 1975; ESTEBAN y AGUILAR, 1976; - SORIA y col, 1982), destacando la gran concordancia obtenida para el -- equilibrio N-10P-K y la tendencia que presentan a mantenerse constantes a lo largo del tiempo.

En la Tabla XXXI se encuentran resumidos los valores obtenidos para los distintos equilibrios estudiados, calculados a partir de los - valores medios para cada fecha de muestreo.

ESTEBAN (1975) encontró que diversas especies y géneros de fru- tales convergían hacia un valor óptimo del equilibrio N-10P-K definido por los índices 50 - 30 - 20 y, posteriormente, se ha verificado para - otros tipos de plantas, como patata, remolacha y haba que presentan ín- dices prácticamente coincidentes con el predicho (ESTEBAN y AGUILAR, -- 1976; ESTEBAN y col., 1980; ESTEBAN, 1982).

De acuerdo con lo que precede y a la vista de la Tabla XXXI se puede decir que el equilibrio obtenido para muestras testigos coincide satisfactoriamente con el teórico, sobre todo para los tres primeros -- muestreos realizados, mientras que en muestras tratadas se aprecia una notable distorsión N - K, que se mantiene a lo largo de la experiencia. El incremento que experimenta el N en la 3ª recogida, así como la dis- torsión P - K, observada en la 4ª, parecen estar originados por causas externas ya que se manifiestan de forma similar en los dos tipos de -- muestras.

Surge pues, de esta manera, la primera discordancia entre la - interpretación del análisis foliar por el método de la concentración -- crítica de nutrientes y el de la nutrición equilibrada. Mientras que el primero de los criterios parecía que reconducía las concentraciones de N y K a zonas de normalidad y que resultaba ser beneficioso para el P, ahora vemos que lo que produce es una distorsión entre las concentra- ciones relativas de N y K, apartándolas de su óptimo de equilibrio y no influyendo, prácticamente, sobre la concentración relativa de P respec- to a los otros dos nutrientes.

TABLA XXXII

Valores del equilibrio K - Ca - Mg para diversos cultivos

Fuente	Cultivo	Variedad	K	Ca	Mg
Gonzalez y col. (1970b)	Olivo	manzanillo	34	59	7
" " " (1967)	"	zorzaleño	31	58	11
" " " (1970a)	"	gordal	28	61	9
Mazuelos y col. (1979)	"	---	28	67	5
Soria y col. (1982)	Almendro	---	21	62	17
Esteban y Aguilar (1976)	Patata	---	39	46	15
Esteban (1982)	Haba	---	38	51	11
Chaves y col. (1968)	Eucaliptus	---	37	49	14

El equilibrio ternario entre los tres cationes básicos K-Ca-Mg, presenta una mayor variabilidad en la bibliografía consultada y no se han generalizado unos índices como para el N-10P-K-. A ello puede contribuir el hecho de que estos tres elementos no tienen una función específica cuando participan en el mantenimiento del potencial osmótico o del ambiente iónico del protoplasma, aunque sí posean especificidad cuando actúan como activadores específicos. Debido a esta inespecificidad es bastante probable que puedan reemplazarse unos a otros en alguna determinada proporción y aumentar, por tanto, el margen de variabilidad de este equilibrio.

Algunos valores obtenidos para dicho equilibrio están recogidos en la Tabla XXXII.

La tónica general que se observa es que la proporción mayoritaria corresponde al Ca con un intervalo aproximado entre 50 - 62; a continuación K, que oscila entre 28 y 39, por último, Mg con un intervalo que va desde el 7 al 17%.

En nuestro caso (Tabla XXXI), los ciruelos que no fueron sometidos a tratamiento presentan unos índices para este equilibrio que se puede considerar incluidos dentro de los intervalos citados, cumpliéndose, por tanto, el orden relativo de abundancia establecido para la citada proporción.

En las muestras tratadas se observa un fuerte desequilibrio originado por un importante aumento en la proporción de K a costa de los otros dos cationes. Durante las tres primeras recogidas la proporción de K supera incluso la de Ca.

Se pone claramente de manifiesto el antagonismo que realiza el K sobre Ca y Mg. Aunque -siempre por comparación con los testigos- el desequilibrio persiste a lo largo de toda la experiencia, sin embargo, se observa nítidamente que mientras K y Ca presentan una defi-

TABLA XXXIII

Valores del equilibrio Fe-Mn-Zn para diversos cultivos

Fuente	Cultivo	Fe	Mn	Zn
Pozuelo y col. (1980)	Parral	47	32	21
Mazuelos y col. (1979)	Olivo	54	30	16
Pijoan Pascual (1977)	Manzano	49	31	20
Soria y col. (1982)	Almendro	46	33	21

nida tendencia a alcanzar niveles comparables a los de las muestras testigo, el Mg permanece disminuido sin mostrar tendencia alguna. Podemos concluir, por tanto, que el K antagoniza el contenido relativo foliar de Ca y Mg, pero de estos dos cationes, únicamente el Ca -en su tendencia natural de acopio celular- es el que, a su vez, parece ser capaz de antagonizar el contenido foliar de K.

Respecto al tercero de los tres equilibrios ternarios estudiados, es decir, del Fe-Mn-Zn, no hemos encontrado mucha bibliografía al respecto. La Tabla XXXIII recoge algunos datos en relación a ello.

Estos valores indican que en un buen equilibrio se debe cumplir la condición $Fe > Mn > Zn$, observando una marcada tendencia a que el mismo no varíe con el tiempo y a obtener unos índices análogos a los de la proporción $N - 10P - K$.

En nuestros datos (Tabla XXXI) no se aprecia la estática del equilibrio y tampoco, claramente, la condición de preponderancia del Mn sobre el Zn. El tratamiento no refleja nítidamente alteraciones en esta proporción ternaria, a no ser un aumento relativo de Mn, fundamentalmente es la 1ª recogida, a costa del Zn, y un aumento más perceptible de Fe para el 4º muestreo, a costa de los otros dos. Es conveniente recordar - que las muestras tratadas tienen incrementadas las concentraciones individuales (sin significación estadística en el caso del Zn) de estos tres micronutrientes y que ello puede incidir muy marcadamente en la obtención de índices similares entre muestras testigos y tratadas.

En resumen, el uso de estas proporciones ternarias ofrecen una óptica de diagnóstico foliar que no concuerda con la obtenida mediante el criterio de la zona óptima, de acuerdo al intervalo de valores presentados en la Tabla XXVI. En el diagnóstico de la situación nutritiva mediante esta técnica de los equilibrios ternarios se ha puesto de manifiesto la existencia de un notorio antagonismo o desequilibrio entre los pa-

res N-K, K-Ca y K-Mg como consecuencia -estimamos. del tratamiento invernal con polisulfuro de bario, pareciendo estar el origen de las alteraciones observadas en el fuerte incremento foliar que experimenta el K, el cual no puede ser considerado como una acción directamente -- provocada por el producto aplicado sino, probablemente, como consecuencia de algún tipo de inducción, enzimática (o de otra naturaleza) ya -- que el S interviene como ligando en un gran número de enzimas y metaloproteínas y, concretamente, en las proteínas que contienen Fe y Cu -- (CLARKSON y HANSON, 1980). Estos mismos autores indican que muchas enzimas se encuentran inhibidas por grupos reactivos sulfhidrilos, los cuales actúan indirectamente en la conformación de las proteínas, o en la quelación de los metales. El azufre reducido se encuentra en los anillos heterocíclicos de algunos coenzimas y en un gran número de productos secundarios de las plantas. Por otro lado, como ya se dijo anteriormente, el S reducido puede servir como sustitutivo del O, extendiendo -- la capacidad de los compuestos orgánicos para complejar metales y participar en reacciones redox.

5.4.2.- Cerezos

5.4.2.1.- Zona de normalidad

Al igual que hicimos en el caso de los ciruelos, para tratar -- de ver qué influencia puede presentar el tratamiento efectuado sobre el cultivo, comparamos los resultados medios obtenidos en la 4ª recogida -- (Tablas XXXV y XXXVI) con aquellos otros (Tabla XXXIV) que tomamos como constitutivos del intervalo de normalidad.

Según esta comparación, los elementos N, P, K, Fe, Zn se encuentran por debajo de esa zona óptima, mientras que Ca se encuentra rozando el límite superior y el Mg lo supera claramente.

TABLA XXXIV

Concentración foliar de nutrientes tomada como referencia de zona óptima de normalidad para cerezos

	%						mg/Kg				
	N	P	K	Ca	Mg	S	Fe	Mn	Zn	Cu	B
VANG-PETERSEN y HANSEN (1973)	2,6-3,2	0,20-0,40	1,5-2,0	1,2-2,0	0,20-0,30	-	-	30-150	-	-	20-50
*VAN-PETERSEN y HANSEN (1973)	2,6-3,2	0,15-0,30	1,4-1,9	1,6-2,1	0,25-0,40	-	-	30-150	-	-	20-50
SHEAR y FAUST (1980)	1,8-3,3	0,16-0,40	1,0-3,0	0,70-3,0	0,40-0,90	0,13-0,84	20-250	20-300	15-70	5 -	20-60
CHILDERS (1982)	2,33-3,27	0,23-0,32	1,25-1,92	1,62-2,60	0,49-0,74	0,12-0,15	119-205	44-60	20-50	8-28	38-54
LEECE (1976)	2,2-2,6	0,14-0,25	1,6-3,0	1,4-2,4	0,30-0,80	0 20-0,40	100-250	40-160	20-50	5-16	-
MEDIA	2,30-3,11	0,17-0,33	1,35-2,36	1,30-2,42	0,33-0,63	0,15- 0,46	79-235	32-164	18-57	6-22	24-53

* Datos propuestos para frutales holandeses

TABLA XXXV

Cerezos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del primer año de experiencias

TESTIGOS													
Recogida	Concentración foliar en % sobre material seco						TOTAL	Porcentaje de cada elemento con relación al total					
	N	P	K	Ca	Mg	S		N	P	K	Ca	Mg	S
1ª	2,60	0,193	0,92	1,42	0,48	0,155	5,77	45,0	3,3	15,9	24,6	8,3	2,7
2ª	2,68	0,170	0,72	1,61	0,58	0,158	5,92	45,3	2,9	12,2	27,2	9,8	2,7
3ª	2,44	0,153	0,73	1,69	0,67	0,155	5,78	42,2	2,6	12,6	29,2	10,6	2,7
4ª	2,02	0,113	0,43	2,39	0,84	0,158	5,95	33,9	1,9	7,2	40,2	14,1	2,7
TRATADAS													
	N	P	K	Ca	Mg	S		N	P	K	Ca	Mg	S
1ª	2,85	0,233	1,41	1,55	0,50	0,183	6,73	42,4	3,5	21,0	23,0	7,4	2,7
2ª	2,96	0,220	1,28	1,76	0,59	0,183	6,99	42,3	3,1	18,3	25,2	8,4	2,6
3ª	2,67	0,190	1,14	1,82	0,60	0,178	6,60	40,5	2,9	17,3	27,6	9,1	2,7
4ª	2,01	0,143	0,89	2,51	0,76	0,175	6,49	31,0	2,2	13,7	38,7	11,7	2,7

TABLA XXXVI

Cerezos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del primer tratamiento del primer año de experiencias (1978)

TESTIGOS

Recogida	Concentración foliar en meq/Kg de material seco						Porcentaje de cada elemento con relación al total					
	Fe	Mn	Zn	Cu	B	TOTAL	Fe	Mn	Zn	Cu	B	
1ª	39,5	38,1	11,5	6,0	26,8	121,9	32,4	31,2	9,4	4,9	22,0	
2ª	50,0	47,4	10,3	6,0	28,8	142,5	35,2	33,1	7,2	4,2	20,3	
3ª	58,3	44,2	9,8	6,0	30,3	148,6	39,3	29,6	6,6	4,0	20,4	
4ª	55,8	62,3	8,5	5,5	37,5	169,6	33,0	36,6	5,0	3,2	22,2	

TRATADOS

	Fe	Mn	Cu	Zn	B	TOTAL	Fe	Mn	Cu	Zn	B	
1ª	46,3	33,5	12,5	6,0	26,8	125,1	37,0	26,8	10,0	4,8	21,4	
2ª	53,8	36,8	12,0	6,0	29,8	138,4	38,9	26,6	8,7	4,3	21,5	
3ª	62,5	42,0	10,8	6,0	31,3	152,6	41,0	27,5	7,1	3,9	20,5	
4ª	67,0	56,0	10,0	5,5	41,3	179,8	37,3	31,1	5,6	3,1	23,0	

En las mismas tablas podemos observar que los valores que presentan las muestras tratadas suponen un mejoramiento en P, K, Fe y separaran algo más de la zona óptima la concentración del Ca, por lo que se podría decir que las muestras tratadas presentan, aparentemente, un estado nutritivo superior a los testigos, y ello habría que atribuirlo al tratamiento realizado, ya que es el único factor que diferencia la historia de ambos tipos de parcelas.

Los resultados para el análisis del suelo que presentamos en la Tabla XXX, y comentamos ya para ciruelos, parecen concordar bastante con los análisis foliares obtenidos en cerezos y volvemos a insistir que el valor del Ca podría estar influenciado por el producto plaguicida --añadido.

Cabe destacar aquí, a tenor de los datos obtenidos para muestras tratadas, que en el conjunto de las cuatro recogidas, se ha producido un incremento en la concentración foliar de todos los macronutrientes a excepción del Mg. Resulta curioso, sin embargo, que, al calcular la intensidad relativa de cada elemento referida a peso seco, obtengamos muy claramente -por comparación con los testigos- que, en realidad, lo que ha sucedido ha sido un marcado incremento de K que produce a su vez, una disminución en los contenidos relativos de N, Ca y Mg; un pequeño incremento relativo de P, que podría estar ligado a la disminución observada en Ca (DEKOCK, 1964) y un curioso mantenimiento en la --proporción relativa de S.

Respecto a los micronutrientes determinados (Tabla XXXVI), parece mostrarse una buena correlación para las variaciones observadas entre muestras testigos y tratadas, tanto cuando los resultados están referidos a concentraciones absolutas de nutrientes, como cuando calculamos la intensidad o porcentaje relativo entre ellos. La diferencia más notable que presentan las muestras tratadas respecto a las testigos es un mediano incremento en Fe y Zn (var Gráficas 22 y 25 para significación estadística) que parecen producirse, fundamentalmente, a costa del

TABLA XXXVII

Cerezos. Primer año de experiencias (1978). Tratamiento primero. Valores para equilibrios ternarios.

Recogida	N-10P-K						K-Ca-Mg					
	Testigos			Tratadas			Testigos			Tratadas		
	N	10P	K	N	10P	K	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
1ª	48	35	17	43	35	22	33	50	17	41	45	14
2ª	52	33	15	46	34	20	25	55	20	35	49	16
3ª	52	32	16	47	33	20	24	56	20	32	51	17
4ª	56	31	13	46	33	21	12	65	23	21	60	19

Recogida	Fe-Mn-Zn					
	Testigos			Tratadas		
	Fe	Mn	Zn	Fe	Mn	Zn
1ª	44	43	13	50	36	14
2ª	46	44	10	52	36	12
3ª	52	39	9	54	36	10
4ª	44	49	8	50	42	8

Mn, lo que evidencia la conocida interacción entre estos elementos.

Destacamos el hecho, generalizado a ciruelos y cerezos, de -- que la suma de las concentraciones de nutrientes, referidos a peso seco, es siempre mayor para muestras tratadas que para las correspondientes testigos.

5.4.2.2.- Equilibrios ternarios

En la Tabla XXXVII presentamos los datos obtenidos para los tres equilibrios estudiados, siguiendo la misma pauta que marcamos en el caso de los ciruelos.

Respecto al equilibrio N-10P-K hay que señalar que posee tendencia con el tiempo, muy marcada en muestras testigo. Hay un pequeño desajuste respecto de los índices preestablecidos 50: 30: 20: que, en general, va en detrimento del K. Las muestras tratadas presentan un equilibrio N-10P-K acorde con lo que obtuvimos al calcular la proporción relativa de macronutrientes (Tabla XXXV). Se ha producido un aumento en el índice del K a costa del N, mostrándose el P muy levemente superior. Parece persistir un valor relativamente alto para el P en ambos tipos de muestras. Aunque no obtuvimos datos respecto a la cosecha, en principio, parece ser que las muestras tratadas presentarían unos índices más favorables por comparación con los obtenidos por SORIA y -- col. (1982) para almendro. Lo que, de cualquier manera, permanece claro es que, de nuevo y al igual que lo observado en ciruelos, los árboles que recibieron el plaguicida presentan una fuerte interacción N-K.

El equilibrio K-Ca-Mg muestra, tanto en un caso como en el -- otro, tendencias definidas a lo largo del tiempo para los tres elementos. Tal y como cabía esperar, se ha producido --por comparación con -- testigos-- un incremento relativo de K a costa del Ca y Mg. Las muestras tratadas presentan una disminución relativa en los índices de estos dos cationes de, aproximadamente, un 20%. Existe una diferencia muy clara

respecto a los ciruelos en lo que concierne al Mg. Este elemento no permanece disminuido y estático como allí ocurría, sino que se observa que, junto con el Ca, es capaz de antagonizar el contenido de K.

Los valores hallados en la proporción ternaria Fe-Mn-Zn para muestras testigos parecen evidenciar un desequilibrio entre estos tres oligoelementos. Como ya hemos indicado antes, los investigadores que estudian la relación óptima entre estos tres nutrientes se inclinan por la proporción 50: 30: 20. En este sentido las muestras tratadas presentan un equilibrio más acorde a los índices preestablecidos, merced a la disminución del Mn en favor de Fe y Zn, en lo que podría haber influido el aporte de Fe que supuso el tratamiento.

La aplicación de las proporciones ternarias al estado nutritivo de este cultivo no parecen evidenciar un deterioro del mismo en las muestras que recibieron tratamiento. Parece haber aquí una cierta concordancia, o al menos no una oposición manifiesta, entre los dos criterios fundamentales de interpretación de los resultados obtenidos por el análisis foliar y, al mismo tiempo y como consecuencia de ello, una cierta disparidad en la respuesta de ciruelos y cerezos.

No obstante lo anterior, y siempre por comparación con los testigos, se vuelven a manifestar interacciones en las parejas N-K, K-Ca y K-Mg en el mismo sentido que los observados en ciruelos pero, además, - ahora se detecta, de una forma mucho más clara, la correspondiente a la pareja Fe-Mn y, quizás, alguna relación del Zn con alguno de estos dos metales.

5.5.- Discusión de los efectos observados en el segundo tratamiento del primer año de experiencias a tenor de las características de los productos utilizados y de los antecedentes bibliográficos.

Ya ha quedado bien establecido que los dos tratamientos fitosanitarios realizados en un mismo año, se hicieron sobre los mismos árbo-

TABLA XXXVIII

Resumen de los efectos observados en las concentraciones foliares de nutrientes y en la dinámica de los mismos en ambos cultivos, tras la aplicación del segundo tratamiento del primer año de experiencias.

	Ef.global observado	CIRUELOS						Ef.global observado	CEREZOS					
		Ef. individuali. por recogidas				Modificación ten- dencia fisiológica.			Ef. individuali. por recogidas.				Modificación ten- dencia fisiológica.	
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	Cualit.	Cuantit.		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	Cualit.	Cuantit.
Nitrógeno	0 (+,-)	+	0	-	-	No	Si	+	+	+	+	+	No	No
Fósforo	+	+	+	+	+	Si	Si	+	+	+	+	+	No	Si
Potasio	+	+	+	+	+	No	Si	+	+	+	+	+	No	Si
Calcio	-	-	-	-	-	No	Si	-	+	+	-	-	No	Si
Magnesio	-	-	-	-	-	Si	Si	-	-	-	-	-	Si	Si
Azufre	+	+	+	+	+	No	No	+	+	+	+	+	No	No
Hierro	-	-	0	-	-	No	Si	+	+	+	+	+	No	Si
Manganeso	-	-	0	0	-	No	Si	-	-	-	-	-	No	Si
Cobre	0	0	0	0	0	No	No	+	+	+	+	+	Si	Si
Zinc	+	+	+	+	+	Si	Si	+	+	+	+	+	Si	Si
Boro	0	0	0	0	0	No	No	+	+	+	0	0	Si	Si

- = concentración estadísticamente inferior al testigo

+ = concentración estadísticamente superior al testigo

0 = concentración estadísticamente igual al testigo

les, lo que puede dar lugar a algún tipo de imbricación de efectos, a fenómenos de enmascaramiento, de superposición, etc. Sin embargo, se pueden observar (Gráficas 5 a 26), en varios de los elementos estudiados, algunos comportamientos singulares después de efectuado el segundo tratamiento.

En la Tabla XXXVIII presentamos -al igual que hicimos para el primer tratamiento- un cuadro resumen acerca de los principales efectos observados. Destaca rápidamente el hecho de que el cerezo presente alteración en todos los elementos estudiados, cosa que no ocurría en el tratamiento anterior donde el Cu permanecía inalterado y el B y Mg sólo manifiestaban diferencias en la última fecha de muestreo. Se mantienen los efectos globales relativos para los elementos N, P, K, Mg, S, Fe, Mn, - Zn y B y se modifican para Ca. Se observa una incidencia del tratamiento en el contenido de los elementos N, (P), Ca, Mg, S, Mn, Cu y Zn. -- (Gráficas 16, 17, 19, 20, 21, 23, 24 y 25, respectivamente), mientras - que el K (Gráfica 18) mantiene un comportamiento similar al observado - en el tratamiento anterior, al igual que el Fe (Gráfica 22), siendo difícil para el B dilucidar la importancia que realmente puede tener el - tratamiento.

En la misma tabla se puede observar que el ciruelo no ve alterados sus contenidos en Cu y B y presenta un comportamiento alternante para el N. Otra notable diferencia con respecto a cerezos es que los ciruelos tratados presentan un efecto global relativo de carácter negativo para el Fe. El resto de los elementos presentan una tendencia de comportamiento bastante similar en ambos cultivos. Al igual que en el caso de los cerezos, los elementos N, P, Ca, Mg, S, Fe, Mn y Zn parecen es-tar claramente influenciados por el tratamiento, influencia que, para - este cultivo, parece también extenderse al K. Respecto al tratamiento - anterior, existen modificaciones para los efectos globales de los ele-mentos N, Fe, Mn y Zn.

TABLA XXXIX

Resultados analíticos de los plaguicidas utilizados en el segundo tratamiento del primer año de experiencias. (1978).

Elemento analizado	"Fitonil 80 forte" (zineb, 3215)			"Irokar" (dinocap, 2912)			"Ultracid 40 E" (metidati6n, 1454) tot. mg/arb.				
	mg/g pr. comercial	mg/arb. cerezo	mg/arb. ciruelo	mg/g pr. comercial	mg/arb. cerezo	mg/arb. ciruelo	mg/g pr. comercial	mg/arb. cerezo	mg/arb. ciruelo	Crz.	Cr1
N	59,32	1631,3	2283,8	17,65	176,5	247,1	31,5	393,8	551,3	2205,6	3082,2
P	0	0	0	0,90	9,0	12,6	53,9	674,5	944,3	683,5	956,9
K	1,30	35,7	50,1	2,18	21,8	30,5	0	0	0	57,5	80,6
Ca	0,69	18,9	26,6	1,20	12,0	16,8	0,14	1,7	2,4	32,6	45,8
Mg	0,18	4,9	6,9	0,12	1,2	1,7	0,05	0,60	0,87	6,7	9,5
S	295,0	8122,5	11357,5	0,06	0,6	0,8	100,0	2750	3850	10872,0	15207,5
Fe	0,28	7,7	10,7	4,30	43,0	60,2	0,04	0,5	0,7	51,2	71,6
Mn	0,06	1,6	2,3	0,04	0,40	0,56	0	0	0	2,0	2,9
Cu	8,62	237	331,8	0	0	0	0	0	0	237	331,8
Zn	180,9	4975	6965,0	0,03	0,30	0,42	0,02	0,25	0,35	4975,5	6966,0
B	0,02	0,5	0,7	0,03	0,30	0,42	<0,01	0,01	0,02	0,80	1,12

En la Tabla XXXIX presentamos los resultados obtenidos en el análisis de los productos fitosanitarios utilizados en el segundo tratamiento. Además de los resultados individualizados por producto utilizado, hemos calculado la cantidad de cada elemento agregado, por árbol, en forma de aspersión foliar.

Son destacables las cantidades de N, P, S, Fe, Cu y Zn que llevan los productos utilizados. El S es el elemento aplicado en mayor cantidad sobre cada árbol tratado, correspondiendo cerca de 11 g a cada ceceo y sobrepasando los 15 g la cantidad aplicada sobre cada ciruelo, -- cantidades que podrían constituir una explicación racional e inmediata del incremento que experimentaron las muestras inmediatamente después de verificado el tratamiento. Subrayamos el hecho de que la mayor elevación porcentual de contenido en S se da en cerezos, a pesar de que a -- los ciruelos corresponde mayor cantidad de elemento pulverizado (Gráficas 21 y 10 respectivamente), debido al mayor porte de estos últimos, -- como ya comentamos en la discusión del tratamiento anterior.

El Zn introducido al aplicar el "Fitonil-80 forte" (zineb, -- 3215), de cuya materia activa es parte constituyente, es suficiente para justificar el fuerte incremento observado para este elemento en ambos cultivos.

El N, aunque se introduce en cantidades apreciables con el tratamiento, no parece estar en cantidad suficiente como para explicar de una forma plenamente satisfactoria los incrementos observados, pero es significativo el hecho de ese incremento inicial, inmediatamente después del tratamiento, que modifica drásticamente las tendencias finales del tratamiento anterior en ambos frutales.

Las variaciones de P podrían quedar perfectamente justificadas por las cantidades aportadas por el "Ultracid-40E" (metidati6n, 1454).

Así mismo, creemos que puede tener importancia el aporte de Fe y Cu con el tratamiento, si bien es sabido que la absorción foliar no --

es la misma para todas las especies, que varía con la edad de la hoja, y, en nuestra experiencia, la diferencia de porte entre ciruelos y cerezos parece jugar un importante papel. En este sentido parecen gravitar los incrementos encontrados para estos dos elementos en cerezos. (Gráficas 22 y 24). Los ciruelos tratados no modifican su contenido en Cu y presentan un efecto global negativo en Fe (Gráficas 11 y 13). Por comparación con el tratamiento anterior se ve que las diferencias se van aminorando a lo largo de los dos primeros muestreos, aumentando después. Ello parece contribuir a nuestra creencia de que el aporte de Fe es capaz de originar fluctuaciones en el contenido de este metal.

En este primer enfoque y como consecuencia de los resultados obtenidos en el análisis de los productos pesticidas, podría encontrarse una razonable explicación a algunos de los cambios minerales observados, fundamentalmente a los que hemos descritos anteriormente, aunque existen otras importantes variaciones para las que dicho análisis no --ofrece ninguna luz y que son, fundamentalmente, las fuertes minoraciones que sufren los elementos Ca y Mn -sobre todo este último- con relación a sus testigos como respuesta muy inmediata al tratamiento realizado, lo que podría tener algún tipo de relación con las fuertes diferencias relativas en K a favor de las muestras tratadas que vienen arrastrando, en parte sustancial, con anterioridad a este segundo tratamiento. Otros efectos no explicados son, por una parte, la disminución global observada para Mn en ambos frutales, variación que parece estar muy condicionada por el tratamiento (Gráficas 12 y 23); por otra parte, la disminución de Fe detectada en ciruelos (Gráfica 11), a pesar de que el tratamiento supone un aporte de este elemento, disminución que comienza en el periodo anterior y que es consolidada en el actual.

Estas últimas alteraciones, que acabamos de referir y que en modo alguno pueden estar explicadas por la composición química de los productos pulverizados constituyen, creemos, una muy clara evidencia de

que el efecto que el plaguicida produce en el medio interno de la planta no es únicamente el de una posible contaminación o aporte de algún nutriente, sino que juega un importante papel a nivel metabólico, pudiendo incidir significativamente en las funciones bioquímicas y fisiológicas de las plantas.

En este sentido, es interesante repasar algunas características en cuanto a comportamiento de los plaguicidas utilizados. Así el "Ultracid-40" (metidati6n, 1454) es un insecticida-acaricida 6rganofosforado, con una acci6n penetrante muy pronunciada, al que algunos autores llegan a considerar como sist6mico y que se metaboliza r6pidamente (BARBERA, 1976). Algunos autores, como ESSER y MULLER (1966) y ESSER y col. (1968), han detectado en diversas plantas la formaci6n de CO₂ como un producto final de la descomposici6n del metidati6n (1454). Sin embargo, 6ste no es el principal producto proveniente del metabolismo del anillo tiodiazol6nico (BULL, 1968) del pesticida, ya que se han descrito distintos metabolitos solubles en agua. CASSIDY y col. (1969a, b) han detectado, en alfalfa, la existencia de compuestos oxigenados an6logos al metidati6n, es decir, compuestos en los que se hab6an sustituido 6tomos de S por O. DEJONCKHEERE y KIPS (1974) han realizado un amplio estudio acerca de la fotodescomposici6n de este insecticida y proponen un esquema, sobre la ruptura fotoqu6mica del producto, que puede favorecer grandemente la compresi6n de las pautas metab6licas del mismo, al tiempo que indican que la reorganizaci6n de algunos fragmentos producidos da lugar a la formaci6n de nuevos compuestos. EBERLE y HOERMANN (1971) han estudiado tambi6n las pautas de comportamiento de este pesticida en cultivos de campo.

KABIR y KHAN (1972) han determinado que el "Supracide" (cuya sustancia activa es el metidati6n, 1454) no causa fitotoxici dad o desarrollo anormal cuando se usa a una concentraci6n de 20 mg/planta. Sin embargo, cuando la dosis utilizada es de 200 mg/planta disminuye el pe-

TABLA XL

Puntuación asignada por POWEL y SHURTLEFF a algunas características de los fungicidas citados

Fungicida	Formación de residuos	Acción por contacto	Acción terapéutica directa	Poder sistémico	Acción fungicida	Acción fungistática	Fitotoxicidad
DINOCAP (2912)	2	2	1	0	2	2	1
ZINEB (3215)	3	0	0	0	2	2	0

so de las plántulas de berenjena y de coles y produce necrosis marginal en las hojas de las plántulas de col y tomate.

En nuestro caso, no se advirtió ningún tipo de alteración después de realizar el tratamiento fitosanitario. El "Ultracid 40 E" metidatión (1554) fue aplicado al 0,50% correspondiendo, aproximadamente, 12,5 mL del producto comercial para cada cerezo y 17,5 mL para cada ci-ruelo.

De otro lado, VAN DYK (1975), estudió la incidencia que ejercen algunos factores sobre la persistencia del metidatión (1454) en frutos y hojas de cítricos. Entre otras cosas determinó que, en experimentos de campo, la influencia del clima no era apreciable; sin embargo, la formulación del producto tenía una notable influencia sobre la penetración del mismo y, por tanto, sobre su eliminación, en el proceso de lavado; por último, la variedad de la hoja no influía sobre la persistencia del plaguicida.

Lo verdaderamente interesante para nuestros fines es que se trata de un producto con buena capacidad de translocación y que sufre un considerable número de transformaciones en las que puede estar implicado un conjunto de complejos enzimáticos, pudiendose producir, por tanto, una serie de modificaciones dentro de la planta a la que ya nos referimos de forma general en el apartado 3.2.9. de la Introducción.

Respecto a los otros dos plaguicidas utilizados en el tratamiento, POWELL y SHURTLEFF (1976) en la clasificación que hacen sobre algunas características de determinados fungicidas les otorgan la puntuación descrita en la Tabla XL, dentro de una escala que como ya indicamos anteriormente, va desde 0 hasta 3.

Estos dos fungicidas, según la clasificación de HASSALL (1969), que citamos en la Introducción, serían catalogados como de contacto, ya que forman depósitos superficiales y carecen en absoluto de poder sistémico. Sin embargo, en la misma tabla citada, se puede ver que la acción

por contacto del zineb (3215) está puntuada con cero; de acuerdo con --- KLOPPING y VANDERKERK (1951) su poder fungicida resultaría de su degradación en isotiocianatos.

Parece, a primera vista, poco probable que productos que, fundamentalmente, permanecen recubriendo aquellas partes del vegetal sobre las que fueron pulverizados puedan provocar serias alteraciones en la fisiología y sobre todo en la bioquímica de la planta, pero no hay que atribuir únicamente a los plaguicidas sistémicos la facultad de penetrar en el vegetal, ésta es ampliable a otros muchos productos o a sus metabolitos, y otro hecho distinto es que sean más o menos translocables como tales plaguicidas y/o que puedan ejercer su acción en otros lugares distintos a los que recibieron directamente el producto. Sin embargo, es un hecho constatado, como ya se indicó anteriormente, que estos dos productos, de una u otra manera, producen o pueden producir alteraciones significativas en diversos parámetros de las plantas que los reciben.

Los fungicidas ditiocarbámicos son unos productos con una fortísima implantación en la agricultura desde hace más de 30 años y entre ellos, quizás el zineb, (3215) sea uno de los más utilizados. Son numerosos los trabajos que han estudiado la descomposición de estos productos y en nuestro caso concreto del zineb (3215), en suelos y plantas, así como en animales de experimentación. DEKHUIJZEN y col. (1971), KAUFMAN (1974) y ALBRECHT, (1979), entre otros muchos, han resumido abundante bibliografía al respecto. Es interesante destacar que uno de los productos de degradación del zineb (3215) puede ser S elemental (BEZBARUAH, 1976).

NASH (1976) estudió la absorción de fungicidas etilenditiocarbámicos y de etilentiourea -producto que se encuentra presente en los formulados de dichos pesticidas y que, además, se forma a partir de ellos- mediante la técnica de trazadores radioactivos y encontró que, cuando eran aplicados al suelo, se producía una notable absorción y translocación de los mismos o de sus metabolitos hacia el tallo y las hojas. En

las aplicaciones foliares de los fungicidas encontró que la translocación era mucho menor.

Los fungicidas etilenbisditiocarbámicos son productos que, en general, poseen una elevada persistencia. En este sentido, VILLA y col. (1976) han encontrado, en cultivos hortícolas crecidos en invernadero, que el lavado de las muestras inmediatamente después de efectuado el tratamiento elimina un 90% de zineb, (3215). La persistencia del ácido dimetilditiocarbámico y de la etilentiourea queda fijada en 23 días, lo que es imputado a la elevada humedad del ambiente del invernadero, que ejerce un proceso de lavado, y a la metabolización de estas sustancias por los vegetales.

La degradación metabólica del zineb (3215) ha sido abordada -- con cierto detalle por SIJPESTEIJN y KASLANDER (1964) y VONK y SIJPES-- TEIJN (1971). Ellos ponen de manifiesto, junto con aquellos trabajos -- que abordan modificaciones bioquímicas y fisiológicas que la aplicación de este fungicida provoca una penetración del producto que podría origi-- nar alteraciones.

Cabe recordar aquí que, como ya se mencionó anteriormente, el DMSO (dimetilsulfóxido), que es un coadyuvante del zineb (3215), parece ejercer, por sí mismo, un determinado efecto sobre el metabolismo de -- las plantas (DEL RE y col. 1969), lo que sirve como ejemplo para eviden-- ciar la importancia que posee el producto comercial utilizado sobre las posibles alteraciones que el mismo puede ejercer en el vegetal.

El metal que forma parte de la estructura de la materia activa de los alquenbisditiocarbamatos, y en este caso concreto del zineb --- (3215), es un factor muy importante a tener en cuenta en cuanto al tipo de efectos que comentamos. En nuestras experiencias, hemos encontrado -- que el contenido foliar de Zn en ciruelos tratados es más de diez veces superior que el hallado en testigos, y más de veinte veces para el caso de cerezos. Sin embargo, es preciso hacer constar que en momento alguno

se observaron síntomas de toxicidad o de anormalidad en las hojas de estos frutales. Los valores que presentamos en las Tablas XXVI y XXXIV -- dan, aproximadamente, un intervalo de contenido óptimo comprendido entre 20 y 60 ppm de Zn para ambos cultivos. WESTWOOD (1982) indica que -- un contenido superior a 100 ppm se clasifica por encima de lo normal, y más de 200 ppm como exceso. Nuestros resultados experimentales (Gráfi--cas 14 y 25) llegan incluso a sobrepasar --en determinadas ocasiones-- el umbral considerado como exceso. Está claro, por tanto, que si todo el -- Zn que hemos determinado hubiera sido absorbido por las hojas, es fácil que pudiese provocar marcadas alteraciones en la planta. Existen, sin -- embargo, notables dicordancias en este punto.

Hace ya bastantes años, como citamos anteriormente, que los di--tioscarbamatos metálicos se han utilizado para corregir carencias en los vegetales, habiéndose obtenido resultados muy aceptables al respecto y describiéndose su uso como beneficioso para las cosechas, si bien es -- cierto que los incrementos foliares obtenidos por los distintos investi--gadores no son tan fuertes como los que nosotros hemos registrado.

REIS y FLOSS (1980) han demostrado, haciendo crecer plantas de trigo en soportes de arena con solución nutritiva carente de S, Zn, y -- Mn, que las plantas pueden, mediante absorción radicular y/o foliar, -- utilizar como nutrientes los elementos contenidos en la fórmula de los fungicidas ditiocarbámicos.

Como ya hemos indicado, existe controversia en cuanto a la lo--calización de este metal --en nuestro caso concreto del Zn-- pulverizado sobre el vegetal. Volvemos a destacar aquí la opinión de SMITH (1966) -- de que el lavado elimina sólo los depósitos superficiales exteriores a la cutícula, pero que no lo hace con aquellas partículas que se locali--zan en el espacio libre aparente intercelular.

CHAMEL y GAMBONNET (1982) han estudiado "in vitro" la conducta del Zn, aplicado por vía foliar sobre hojas de árboles frutales, abor--

dando los aspectos de la retención y penetración cuticular de este elemento. Sus resultados evidencian que la retención cuticular del Zn está relacionada con la especie vegetal en cuestión y con la fecha en que se realiza el muestreo, aunque no existe una estrecha correlación con la edad de las hojas. Encontraron, para sus condiciones de trabajo, que la penetración cuticular del Zn fue muy pequeña, aunque hacen constar la existencia de algunos factores que la pueden condicionar y que hay un cierto aumento al incrementar la concentración aplicada.

WALLIHAN y HEYMANN-HERSCHBERG (1957) estudiaron la absorción y translocación de Zn sobre cítricos. Encontraron una efectiva absorción y translocación, que se daba más rápidamente en las hojas jóvenes que en las viejas, variaba con la concentración de elementos aplicada por unidad de área foliar y se producía más rápidamente cuando el Zn era aplicado sobre la parte central de la hoja que cuando lo era sobre los márgenes.

Sin embargo, SMITH (1966) encontró que la aplicación de zineb (3215) al 65% a razón de 1lb/100 gal. de agua incrementaba el Zn foliar, pero al no encontrarlo en zonas de ulterior crecimiento, concluyó que no había translocación.

Por otro lado, JOOSTE (1965) ha estudiado algunos factores que afectan la absorción y distribución foliar de Zn -aplicado en forma de -cloruro- en plántulas de manzanos y albaricoqueros. Encontró que, en general, se acentuaba la absorción del elemento cuando se incrementaba la concentración de la solución aplicada. Sin embargo, el comportamiento de los dos frutales presentaba matices diferentes. Las hojas más jóvenes de manzano presentaban una absorción superior que aquellas más maduras, pero este efecto no se observaba en los albaricoqueros. Por el contrario, estos frutales presentaban mayores contenidos de elemento a medida que transcurría el tiempo desde la aplicación del producto, efecto éste que no fué observado para los manzanos.

COX y WINFREE (1957) también encontraron en plantas de fresas - que la aplicación de zineb (3215) proporcionaba una mayor concentración del elemento en las hojas de más edad.

JORGOVIC-KREMZER (1975, 1976) también ha encontrado que la aplicación de zineb (3215), sobre plantas de tabaco, origina un incremento en el Zn foliar, siendo las hojas más viejas las que presentan un mayor contenido.

Nuestros resultados (Gráficas 14 y 25) están, en líneas generales, de acuerdo con lo que antecede. Así, se puede observar en las gráficas citadas que, a excepción de la 2ª recogida en cerezos, el contenido en Zn que presentan las hojas muestreadas se va incrementando a lo largo del tiempo, es decir, que a medida que la hoja se va haciendo más vieja presenta un mayor contenido en Zn, al contrario de lo que sucede en las muestras no tratadas.

JORGOVIC - KREMZER (1976) ha estudiado también los cambios en - Fe, Mn y Cu consecutivos al tratamiento con zineb (3215). Encontró elevaciones en los contenidos foliares de Fe y Mn, fundamentalmente en hojas viejas el primero y en jóvenes el segundo. Para Cu observaron pocas variaciones. Como nosotros hemos utilizado zineb (3215) (Fitonil - 80 - - forte, como producto comercial) conjuntamente con otros dos pesticidas, no podemos realizar una simple comparación de resultados; pero sí en contraposición con el autor citado, obtenemos menor concentración de Mn (Gráficas 12 y 23) en los dos cultivos estudiados, menor concentración de Fe (Gráfica 11) en ciruelo y mayor en cerezo (Gráfica 22), así como un notable incremento de Cu en cerezos (Gráfica 24). Ya hemos comentado anteriormente la importancia que creemos puede ejercer la composición de los productos comerciales utilizados sobre tales observaciones, y es de resaltar la importancia que las concentraciones de los elementos P, Fe, K y Ca pueden tener sobre el metabolismo celular (DEKOCK, 1964), alteraciones éstas, junto con el Mn, que, como decíamos en la --

discusión del tratamiento anterior, parecen estar ligadas a causas más profundas.

Las apreciaciones realizadas por JORGOVIC - KREMZER (1976) de que los incrementos de Fe y Mn parecen ir paralelos con la utilización de suspensiones más concentradas de zineb (3215), redundan en nuestra creencia de que las elevaciones en estos elementos serían ocasionados por su introducción directa con el tratamiento; a tenor de los resultados mostrados en la Tabla XXXIX, y a excepción del Cu, estos resultados -en nuestro caso- no parecen ser imputables al zineb (3215) (Fitonil - 80 - forte), pero sí lo podrían ser al producto comercial utilizado por el citado autor, que es distinto al nuestro.

Respecto a la elevación de la tasa de Cu, que nosotros hemos obtenido en cerezos, ya comentamos que podría ser debido a la contaminación que en este elemento introdujo el "Fitonil - 80 - forte" -ver Tabla XXXIX-, y, en este sentido, es interesante reseñar las observaciones de CHAMEL y GAMBONNET (1982), quienes observaron, en hojas de perales, una marcada selectividad cuticular del Cu respecto del Zn; aparte de la importancia, ya reseñada, que sobre este particular puede ejercer la diferencia de porte de las dos especies frutales que hemos estudiado, una supuesta mayor selectividad de las hojas de cerezos, respecto del Cu, podría contribuir a la explicación de los distintos comportamientos observados. Existen algunas referencias bibliográficas, citadas en la Introducción que manifiestan que el zineb (3215) estimula la actividad de enzimas oxidativas como polifenoloxidasas y oxidasas ácido ascórbico; estas enzimas son, precisamente, las recogidas en la Tabla IV para verificar el estado nutritivo de la planta respecto del Cu, lo que podría estar en concordancia con los resultados obtenidos en cerezos.

Contrariamente a algunas de las opiniones recogidas con anterioridad, MARCELLE (1981) encontró que el Zn aplicado con los fungicidas (zineb, 3215) no penetra al interior de las hojas, ya que las ele-

vadas concentraciones detectadas para este elemento no alteraban la función clorofílica, como cabía esperar cuando se produce una toxicidad de Zn; además, tampoco observó transporte entre hojas tratadas y no tratadas. ROSS y col. (1979) encontraron que manzanos pulverizados con zineb (3215) incrementaban sus cosechas respecto a testigos y lo atribuyeron al incremento de Zn foliar. En parecidos términos se expresa ZAKHRYAPINA (1970), referido a la acción del fungicida sobre trigo. Por el contrario, NIKOL'SKAYA (1974), en manzanos, y KRUSTEV y col. (1978), en hojas de parra, han encontrado que el zineb (3215) decrece la fotosíntesis y aumenta la respiración. Estos contradictorios resultados ponen, una vez más, de manifiesto que son varios los factores que pueden influir acerca del efecto que la aplicación de un determinado pesticida puede ejercer sobre una planta y que, entre ellos, cabe destacar: producto comercial y formulado, concentración aplicada, forma de aplicación, época de la misma y especie vegetal tratada.

BOYNTON (1954), en una revisión acerca de nutrición por aplicación foliar de nutrientes, recoge información sobre el distinto comportamiento de diversas especies vegetales al tratamiento foliar con productos a base de Zinc. En concreto indica que el cerezo no responde satisfactoriamente a las aplicaciones foliares con este metal y que el tratamiento debe realizarse por inyección. De otro lado, se recogen estudios realizados en cítricos donde se indica que el daño que pudieran causar las pulverizaciones con Zn, tanto sobre follaje como sobre fruto, pueden ser eliminadas, sin merma de sus efectos beneficiosos, por el uso de agentes precipitantes.

No queda claro, por tanto, que es lo que sucede con el Zn aplicado mediante el tratamiento fungicida y, como indica MARCELLE (1981) - son necesarias más investigaciones para dilucidar esta cuestión.

Existen, sin embargo, mecanismos por los cuales una planta puede adquirir una notoria tolerancia al Zn y, en alguno de ellos, alcanzan extraordinaria importancia el contenido en ácidos orgánicos.

Estos mecanismos han sido recogidos por MATHYS (1980) y por --- WOOLHOUSE (1983) y, según ellos, la planta se defiende de un exceso de Zn formando complejos solubles de este metal que serán almacenados dentro de la vacuola, bien como malatos o como oxalatos.

Niveles elevados de K y de P y bajos en Ca, y más en concreto de las razones K/Ca y P/Fe (DEKOCK y col., 1960; DEKOCK, 1964; DEKOCK y col. 1974) han sido correlacionados con disminución en los contenidos foliares de ácidos oxálico y málico, y aumento de los de ácido cítrico a través de un mecanismo en el que actúan los iones Fe^{++} .

De acuerdo con estos trabajos y con los resultados mostrados por nosotros en las Gráficas 8 y 19, para ciruelos y cerezos, respectivamente, al disminuir las concentraciones foliares de Ca lo harían también las de los ácidos dicarboxílicos citados, aunque es probable que esta disminución, dada la enorme diferencia de contenido entre Ca y Zn, no fuese obstáculo para la formación -pese a la disminución de dichos ácidos- de los complejos de Zn citados por MATHYS (1980).

WOOLHOUSE (1983) ha indicado que, aunque la naturaleza del proceso de tolerancia al Zn por parte de determinadas plantas no está claro, parece ser que su explicación radica en mecanismos de compartimentación interna, y, aunque no está aclarado el efecto bioquímico de la toxicidad del metal, parecen existir fuertes indicios de que se producen interferencias con los procesos de transporte y de las funciones enzimáticas del hierro ferroso. Interacciones antagónicas de este tipo han sido recogidas también por GIORDANO y MORTVEDT (1980).

Nuestros resultados no manifiestan síntomas visibles, pero el tratamiento posterior que realizamos, profundizando en los datos obtenidos, nos hacen suponer ciertas alteraciones en el metabolismo del Fe.

Algunos autores ya citados, entre ellos BORODULINA y FURSENKO (1965) en manzanos, CHABOUSSOU (1970) en viña y RECALDE y col. (1969) -

en tomate, han encontrado incrementos en el contenido de N foliar con posterioridad a la aplicación de zineb (3215), lo que está de acuerdo con los resultados obtenidos por nosotros, en los dos cultivos estudiados, inmediatamente después de la aplicación de nuestro segundo tratamiento que por ser múltiple, no nos permite imputar claramente esta observación a la acción del zineb (3215). Lo que si queremos recalcar es que en el análisis de los productos utilizados, cuyos resultados se presentaron en la Tabla XXXIX, destaca la introducción de notables cantidades de N como constituyente de la materia activa del fungicida, que si bien en nuestro caso no parecen ser suficientes como para justificar -- por sí mismos las elevaciones apreciadas, podrían ser, en principio, -- sintomáticas de las mismas. Sin embargo, CHABOUSSOU (1980) opina que algunos fungicidas ditiocarbámicos pueden alterar el metabolismo proteico incidiendo negativamente sobre la proteosíntesis.

El dinocap (2912) es un dinitrofenolderivado que posee propiedades fungicidas y acaricidas y que forma abundantes depósitos (Tabla XL). BULINSKI y col. (1974, 1975) han estudiado el comportamiento de estos -- compuestos pero, en general, existe mucha menos información respecto a determinadas acciones de este producto sobre los vegetales que con el -- producto anterior.

Estos autores encontraron que la aplicación de dinocap (2912) -- sobre guisantes y mastuerzos produce incremento del N total, de NO_3^- y -- de K, mientras que no registra efectos para el Ca y sólo un pequeño aumento de P. Aunque como ya hemos indicado, nuestro tratamiento es múltiple, sin embargo, en líneas generales, estos resultados tienen una cierta concordancia con los nuestros.

Por otro lado, BULINSKI y KOT (1976) y GERTIG y SZAJOKOWSKI -- (1981) encontraron que el dinocap (2912) altera la actividad de peroxidasas y catalasas, estando esta alteración muy relacionada con la concentración del pesticida. HORICKOVA (1976) y BURTH y RAMSON (1973) han

encontrado que su aplicación disminuye el contenido de clorofila, y -- KRALOVIC (1976) que decrece la fotosíntesis. Esta serie de hallazgos, - pensamos que pueden constituir un fundamento para pensar que las acciones sobre el vegetal pueden ir centradas mediante la alteración del metabolismo del Fe, hecho éste sobre el que profundizaremos más adelante.

5.6.- Consideraciones acerca del estado nutritivo de los cultivos y de la influencia que sobre el diagnóstico del mismo puede ejercer el segundo tratamiento del primer año de experiencias.

5.6.1.- Ciruelos

5.6.1.1.- Zona de normalidad

Si tomamos como punto de referencia los valores indicados en la Tabla XXVI y los comparamos con los obtenidos en la 1ª recogida posterior al tratamiento (Tablas XLI y XLII), encontramos que las muestras testigo presentan valores inferiores a los allí establecidos para los elementos: P, K, Mn, Zn y muy levemente para el B, mientras Mg y, muy ligeramente N, los tendrían en exceso. Este diagnóstico, tal y como cabía esperar, está en buena concordancia con el obtenido para el muestreo inmediatamente anterior, que fue el que nos sirvió de guía para el tratamiento con polisulfuro de Ba.

Si atendemos ahora a los resultados de las muestras tratadas encontramos N en exceso -más que en testigos-, Zn en exceso, y Fe, Mn, P y, muy levemente, B en cantidades defectuosas. Bajo este punto de vista, el tratamiento introduce en el intervalo de normalidad a los elementos K y Mg; mejora el P, no actúa prácticamente sobre el B, aleja por exceso, = los valores de N y Zn y, por defecto, los de Fe y Mn. No se puede emitir, sólo con estos datos un juicio definitivo acerca de la bondad o del perjuicio que este tratamiento múltiple ejerce sobre el estado nutritivo de

TABLA XL I

Ciruelos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del segundo tratamiento del primer año de experiencias (1978).

TESTIGOS

Recogida	Concentración foliar en % sobre material seco						<u>TOTAL</u>	Porcentaje de cada elemento con relación al total					
	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>		<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>
1ª	2,76	0,138	1,47	2,41	0,573	0,183	7,53	36,6	1,8	19,5	32,0	7,6	2,4
2ª	2,42	0,135	1,56	2,40	0,565	0,190	7,27	33,3	1,8	21,4	33,0	7,8	2,6
3ª	2,37	0,125	1,37	2,59	0,603	0,188	7,25	32,7	1,7	18,9	35,7	8,3	2,6
4ª	2,33	0,123	1,24	2,60	0,578	0,205	7,10	32,9	1,7	17,5	36,7	8,2	2,9

TRATADAS

	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>		<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>
1ª	3,03	0,150	2,00	2,23	0,455	0,210	8,08	37,5	1,9	24,8	27,6	5,6	2,6
2ª	2,53	0,150	2,18	2,16	0,443	0,218	7,68	32,9	2,0	28,4	28,1	5,7	2,8
3ª	2,11	0,150	2,04	2,19	0,438	0,228	7,16	29,5	2,1	28,5	30,6	6,1	3,2
4ª	2,02	0,148	1,69	2,49	0,498	0,243	7,09	28,5	2,1	23,8	35,1	7,0	3,4

TABLA XLII

Ciruelos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del segundo tratamiento del primer año de experiencias (1978).

TESTIGOS

<u>Recogida</u>	<u>Concentración foliar en meq/Kg de material seco</u>					<u>TOTAL</u>	<u>Porcentaje de cada elemento con relación al total</u>				
	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>		<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>
1ª	77,0	24,5	9,3	18,0	23,5	152,3	50,6	16,1	6,1	11,8	15,4
2ª	81,8	23,5	10,0	15,8	23,8	154,9	52,8	15,2	6,4	10,2	15,4
3ª	100,0	29,0	9,8	15,8	22,0	176,6	56,6	16,4	5,5	8,9	12,5
4ª	120,3	38,3	10,0	15,5	18,8	202,9	59,3	18,9	4,9	7,6	9,3

TRATADOS

	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>	<u>TOTAL</u>	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>
1ª	70,0	21,5	9,3	99,0	23,8	223,6	31,3	9,6	4,2	44,2	10,6
2ª	80,8	24,0	10,0	128,3	23,0	266,1	30,4	9,0	3,8	48,2	8,6
3ª	84,0	26,8	10,0	161,3	22,0	304,1	27,6	8,8	3,3	53,0	7,2
4ª	98,0	28,8	10,0	238,3	18,8	393,9	24,9	7,3	2,5	60,5	4,8

TABLA XLIII

Ciruelos. Primer año de experiencias (1978). Tratamiento segundo. Valores para equilibrios ternarios.

Recogida	N-10P-K						K-Ca-Mg					
	Testigos			Tratadas			Testigos			Tratadas		
	<u>N</u>	<u>10P</u>	<u>K</u>	<u>N</u>	<u>10P</u>	<u>K</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>
1ª	49	25	26	46	23	31	33	54	13	43	47	10
2ª	46	25	29	41	24	35	34	53	13	46	45	9
3ª	48	25	27	37	27	36	30	57	13	44	47	9
4ª	48	26	26	39	28	33	28	59	13	36	53	11

la planta, ya que presenta efectos dispares, pero lo que sí parece estar fuera de toda duda es que modifica, de alguna manera, dicho estado.

En la Tabla XLI se puede observar que, en general existe una buena concordancia evolutiva entre los porcentajes absolutos de macronutrientes, referidos a peso seco, y los porcentajes relativos tanto para testigos como para tratadas.

En la Tabla XLII se presentan los datos referidos a micronutrientes. Las muestras testigos guardan una buena relación evolutiva entre ambas formas de expresión. Por el contrario, en las muestras tratadas, los porcentajes relativos -a excepción del Zn y del B- tienen las tendencias de comportamiento invertidas, y ello como consecuencia del fuerte incremento detectado para el Zn, incremento éste que probablemente no se corresponde con la cantidad del metal que verdaderamente ha penetrado en las células del vegetal y que invalida -por desvirtuarlos- los cálculos en los que pueda intervenir.

5.6.1.2.- Equilibrios ternarios

Los resultados obtenidos para las triadas N-10P-K y K-Ca-Mg están recogidos en la Tabla XLIII. El tercero de estos equilibrios, el correspondiente a los elementos Fe-Mn-Zn no lo hemos realizado por considerarlo falto de sentido, tal y como acabamos de indicar más arriba.

Vistos, en conjunto, los resultados correspondientes a las cuatro recogidas, se aprecia para muestras testigos una notable estabilidad en los índices obtenidos para cada uno de los elementos. Se confirma la observación realizada en la 4ª recogida del tratamiento anterior de una cierta elevación relativa del K en muestras testigos.

En líneas generales, las muestras tratadas presentan un fuerte desequilibrio -respecto a los índices teóricos y a las muestras testigos-, más acusado que en la etapa anterior. Por comparación con los tes-

tigos este desequilibrio está centrado en la diada N - K, produciéndose los incrementos relativos del K a costa del N; ahora bien, si comparamos el equilibrio correspondiente a la primera recogida con el último -- del periodo anterior, este efecto no se apreciaría como consecuencia -- del incremento temporal que sufre el N a raíz del tratamiento realizado.

Es interesante destacar que la proporción relativa de N disminuye con el tiempo en las muestras tratadas, no dándose este efecto en el periodo anterior y siendo prácticamente insignificante en testigos.

Los valores obtenidos para cada uno de los elementos en la proporción ternaria K - Ca- Mg se mantienen dentro del intervalo de normalidad, que ya describiesemos para este mismo cultivo en el tratamiento anterior. Sin embargo, las muestras tratadas ofrecen un marcado desequilibrio, caracterizado --siempre por comparación a testigos-- por un fuerte -- incremento de K a costa de Ca y Mg. Si nos referimos al tratamiento anterior, se aprecia que el desequilibrio K - Ca es menos marcado ahora, -- pues, prácticamente, el K no llega a superar el porcentaje de Ca, como -- allí ocurría, si bien parece estar más acentuado en la 2ª y 3ª recogida. Los valores correspondientes al 4º muestreo parecen mostrar una cierta -- recuperación de estos índices.

Al igual que ocurrió en la anterior experiencia el Ca muestra -- una tendencia mucho más acusada que el Mg por recuperar valores comparables a los obtenidos para muestras testigos. Parece, pues, tener una -- cierta consistencia en este cultivo el hecho de que el Ca, a su vez, puede antagonizar al K con más eficacia que lo puede hacer el Mg.

Las observaciones constatadas son análogas a las referidas a -- propósito del tratamiento con SxBa. Los efectos cualitativos son muy -- similares, comprobándose de nuevo --o persistiendo-- los desequilibrios -- N-K, K-Ca y K-Mg y experimentando, así mismo, divergencias en las dos -- formas citadas de diagnóstico nutritivo.

5.6.2.- Cerezos

5.6.2.1.- Zona óptima

En la tabla XXXIV recogimos los valores de normalidad entresacados de la bibliografía para diferentes elementos nutritivos de este cultivo, en muestreos realizados hacia la mitad del verano.

Comparando estos valores con los obtenidos en la primera recogida de este tratamiento para muestras testigo (Tablas XLIV y XLV), encontramos que: N, P, K, levemente el Fe y el Zn, se encuentran por debajo de los valores considerados como normales, si bien hay que hacer --constar que los frutos ya habían sido recogidos y como es sabido, los contenidos de N, P y K descienden en la hoja cuando ésta envejece. El Ca se encuentra muy próximo al límite superior considerado como normal y el Mg lo sobrepasa. En la misma tabla podemos apreciar que las muestras que fueron tratadas con los plaguicidas han mejorado --siempre por referencia a los valores dados en la Tabla XXXIV-- el contenido de N, P, K, Mg y Fe; incrementan inicialmente el de Ca, sobrepasando el límite superior de normalidad y lo hacen, en gran medida, en lo que al Zn se refiere. Probablemente se podría indicar que, si exceptuamos el Zn, los valores encontrados en el análisis foliar, parecen indicar que ha mejorado el estado nutritivo del cultivo en cuanto que se encuentran más --próximos a los intervalos de normalidad citados.

En general, para los macronutrientes, quizás a excepción del S, hay una buena correlación en la evolución de los valores hallados como % sobre materia seca y los valores relativos referidos al peso total de ellos mismos (Tabla XLIV).

Comparando estos índices relativos entre muestras testigos y --tratadas se observan algunos detalles interesantes, persiste en las muestras tratadas, efectivamente, un superior contenido de K que en los tes

TABLA XLIV

Cerezos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del segundo tratamiento del primer año de experiencias (1978)

TESIGOS

Recogida	Concentración foliar en % sobre material seco						TOTAL	Porcentaje de cada elemento con relación al total					
	N	P	K	Ca	Mg	S		N	P	K	Ca	Mg	S
1ª	1,80	0,110	0,43	2,38	0,84	0,168	5,73	31,4	1,9	7,5	41,6	14,7	2,9
2ª	1,66	0,108	0,40	2,65	0,91	0,165	5,89	28,1	1,8	6,8	45,0	15,4	2,8
3ª	1,63	0,100	0,34	2,91	0,98	0,160	6,12	26,6	1,6	5,5	47,5	16,0	2,6
4ª	1,53	0,088	0,29	3,42	1,10	0,163	6,59	23,2	1,3	4,4	51,9	16,7	2,4
TRATADAS													
	N	P	K	Ca	Mg	S		N	P	K	Ca	Mg	S
1ª	2,11	0,153	0,89	2,49	0,73	0,215	6,59	32,0	2,3	13,5	37,8	11,1	3,2
2ª	2,08	0,138	0,78	2,53	0,73	0,215	6,47	32,1	2,1	12,1	39,1	11,3	3,3
3ª	1,95	0,128	0,72	2,67	0,70	0,210	6,38	30,6	2,0	11,3	41,8	10,9	3,3
4ª	1,79	0,128	0,64	2,88	0,74	0,208	6,18	29,0	2,0	10,4	46,6	11,9	3,4

TABLA XLV

Cerezos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del segundo tratamiento del primer año de experiencias (1978).

TESTIGOS											
Recogida	Concentración foliar en meq/Kg de material seco					Porcentaje de cada elemento con relación al total					
	Fe	Mn	Cu	Zn	B	TOTAL	Fe	Mn	Cu	Zn	B
1ª	65,3	66,0	5,8	8,3	38,3	183,7	35,5	35,9	3,2	4,5	20,8
2ª	64,0	69,3	5,8	8,0	39,3	186,4	34,3	37,1	3,1	4,3	21,1
3ª	74,5	75,8	5,8	8,0	39,0	203,1	36,7	37,3	2,8	3,9	19,2
4ª	74,5	77,3	5,8	8,0	40,5	206,1	36,1	37,5	2,8	3,9	19,6
TRATADOS											
	Fe	Mn	Cu	Zn	B	TOTAL	Fe	Mn	Cu	Zn	B
1ª	78,5	58,5	11,0	251	41,5	440,5	17,8	13,2	2,5	56,9	9,4
2ª	74,8	57,3	9,0	198	42,3	381,4	19,6	15,0	2,4	51,9	11,1
3ª	80,0	61,2	9,0	228	39,5	417,7	19,1	14,7	2,1	54,5	9,4
4ª	81,0	62,0	9,0	277	40,5	469,5	17,2	13,2	1,9	59,0	8,6

tigos, elevación que es casi de un 100%; Por otra parte se ve nítidamente desde la primera recogida que hay una disminución de Ca y Mg respecto a testigos, cosa que no sucede con el primero de estos elementos -- cuando su contenido se expresa como porcentaje sobre materia seca; este efecto lo interpretamos como manifestación del antagonismo entre el K y los dos iones divalentes citados. Sin embargo, ahora, en total contraposición con lo que ocurría a este mismo cultivo en el tratamiento anterior, se produce un aumento en el contenido relativo de N, siendo a partir de la segunda recogida cuando verdaderamente se comienza a manifestar; las diferencias entre muestras tratadas y testigos se incrementan con el tiempo en el caso del N, P y K, por lo que al ser éstos componentes elementales mayoritarios, podría pensarse que las hojas se "vacían" más lentamente de estos macronutrientes y, por tanto, podría aumentar algo su periodo vegetativo. En este sentido se expresan PARRA (1980) y ROSS y col. (1970) respecto a los efectos producidos por fungicidas ditiocarbámicos. Si bien por otro lado, éstas son alteraciones muy características de árboles que padecen deficiencias de Fe inducida por suelos calizos (PEÑA, 1975).

En cuanto a micronutrientes (Tabla XLV) existe, en muestras testigos, buena correlación entre ambas formas de expresar los resultados a excepción de Cu y Zn. No se pueden realizar comparaciones entre muestras tratadas y testigos porque los resultados obtenidos para el Zn en aquéllos, distorsionan los porcentajes de los restantes nutrientes.

5.6.2.2.- Equilibrios ternarios

Estos equilibrios se encuentran en la Tabla XLVI. Hemos omitido la relación del equilibrio Fe - Mn - Zn porque consideramos que los valores hallados para el Zn restan verosimilitud a los índices que nos pueda suministrar dicho equilibrio.

TABLA XLVI

Cerezos. Primer año de experiencias (1978). Tratamiento segundo. Valores para equilibrios ternarios.

Recogida	N-10P-K						K-Ca-Mg					
	Testigos			Tratadas			Testigos			Tratadas		
	N	10P	K	N	10P	K	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
1ª	54	33	13	47	34	19	12	65	23	22	60	18
2ª	53	34	13	49	33	18	10	67	23	19	63	18
3ª	55	34	11	49	32	18	8	69	23	18	65	17
4ª	57	32	11	48	34	18	6	71	23	15	68	17

Los índices N-10P-K obtenidos para testigos muestran que el K se encuentra bastante alejado del valor establecido por ESTEBAN (1975) como óptimo. Por el contrario, los valores que muestran las plantas -- tratadas son bastante acordes con los preestablecidos.

El equilibrio K-Ca-Mg tiene para los testigos unos valores claramente bajos para K y por encima de los preconizados para Ca y Mg, sobre todo en este último elemento cuando se realiza una observación global. Son de destacar las tendencias opuestas que presentan K y Ca, mientras que Mg permanece con el mismo índice. El tratamiento enfocado bajo esta óptica, parece representar un mejoramiento nutritivo con relación al diagnóstico del cultivo, ya que se consigue aproximar los porcentajes relativos de cada uno de estos nutrientes a los intervalos óptimos. Existe, por tanto, en este caso una buena concordancia entre las dos -- formas que hemos utilizado para abordar el estudio del estado nutritivo de la planta, y parece que ello ejerce una importante influencia el que los árboles de cerezos poseían concentraciones de K notablemente bajas.

6.- SEGUNDO AÑO DE EXPERIENCIAS (1979)

6.1.- Discusión estadística de los resultados analíticos

6.1.1.- Ciruelos. Tratamiento primero: "Croneton 50 L" (Etiofencarb, - 1623). "Irokar" (dinocap, 2912). "Pomarsol Z forte", 3225).

Siguiendo el mismo esquema utilizado en las experiencias realizadas en el año anterior, resumimos en las Tablas XLVII, XLVIII y XLIX y en las Gráficas 27 a 37, ambos inclusive, los valores obtenidos para $F_{exp.}$ en los análisis estadísticos realizados y la evolución seguida -- por los elementos, tanto en muestras tratadas como en testigos.

Así, en la Tabla XLVII puede observarse que el tratamiento produce modificaciones con carácter estadístico significativo en los contenidos de los elementos: N, P, K, Ca, Mg, S, Mn, Zn y B. En las gráficas correspondientes se puede apreciar que el valor promedio -que es lo que realmente compara el análisis de la varianza- resulta incrementado para los elementos: N, P, K, S, Zn y B, mientras que está disminuido para Ca, Mg y Mn. Los dos elementos restantes: Fe y Cu quedan inalterados.

Tal y como describimos en el apartado de Material y Métodos, y

TABLA XLVII

ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Ciruelos. Segundo año de experiencias (1979). Tratamiento primero

Fuentes de variación	gl	Fexp						F requerida		
		N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento (T)	1	8,66	32,0	3166,5	15,34	15,36	19,28	4,41	8,28	15,38
Efecto de la recogida (R)	2	20,5	435,5	91,7	37,15	75,78	8,82	3,55	6,01	10,39
Efecto de la interacción (TxR)	2	6,63	15,5	23,7	5,98	4,39	0,25			
Varianza del error	18	$1,7 \cdot 10^{-2}$	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$1,1 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$6,9 \cdot 10^{-5}$	$4,8 \cdot 10^{-5}$			
	gl	Fe	Mn	Cu	Zn	B		0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento (T)	1	2,40	12,78	0	604,70	40,11		4,41	0,01	13,38
Efecto de la recogida (R)	2	3,95	0,15	1,16	19,02	169,00		3,55	6,01	10,39
Efecto de la interacción (TxR)	2	1,33	3,31	0,50	18,21	1,44				
Varianza del error	18	2,09	0,26	0,25	74,09	0,375				

TABLA XLVIII

DINAMICA FOLIAR. Ciruelos. Segundo año de experiencias (1979). Tratamiento primero.

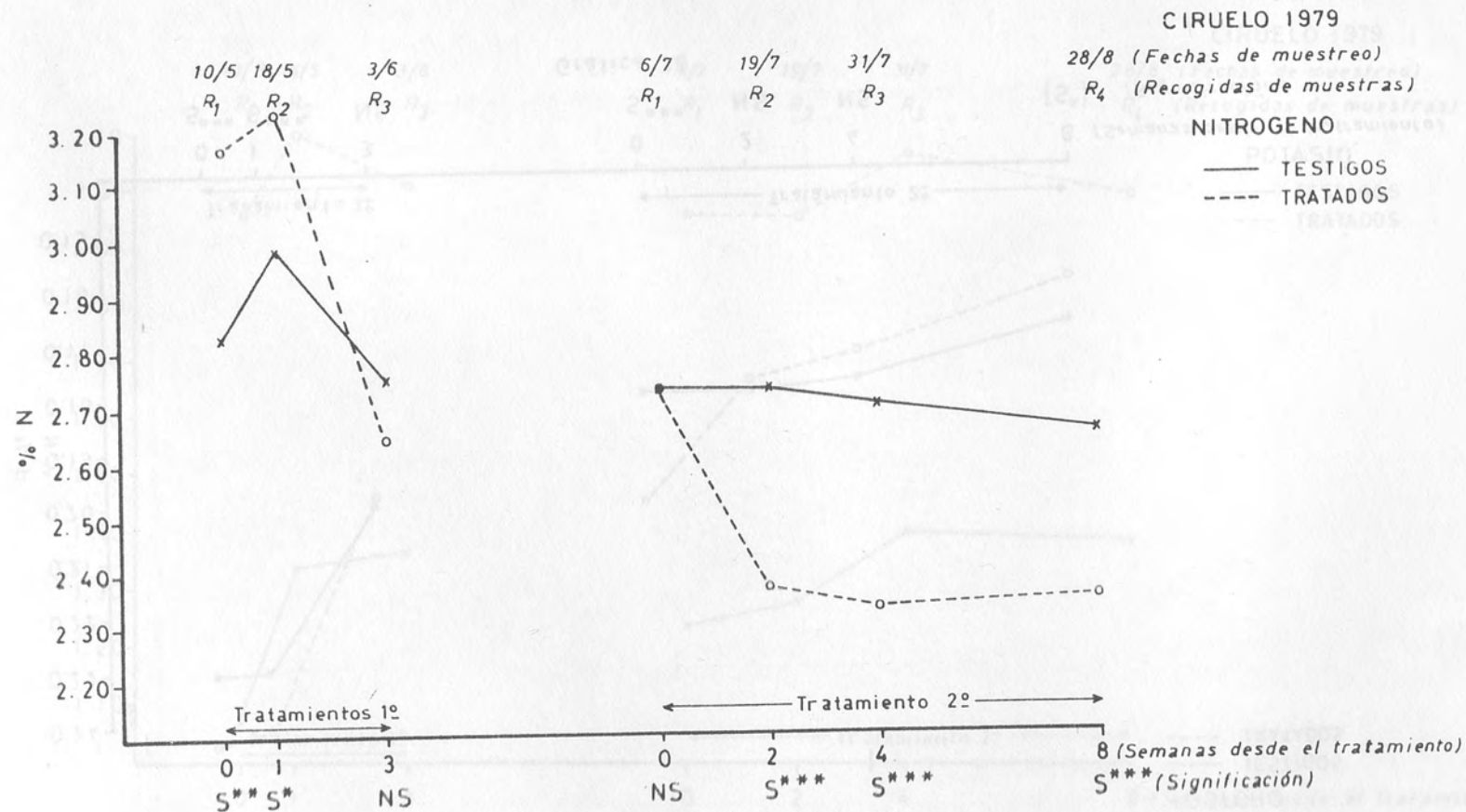
Fuentes de variación	gl	Fexp.						F requerida		
		<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Muestras testigo	2									
Tendencia lineal	1	1,42	214	125,2	63,28	101,83	0,30	4,41	8,28	15,38
Tendencia cuadrática	1	4,97	25,7	66,1	3,73	2,08	8,26			
Muestras tratadas	2									
Tendencia lineal	1	39,8	471	2,75	17,5	46,93	0,19			
Tendencia cuadrática	1	8,05	40,0	37,3	1,32	6,58	9,40			

	gl	Fexp.					F requerida		
		<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Muestras testigo	2								
Tendencia lineal	1	0,40	1,10	1,52	91,35	117,39	4,41	8,28	15,38
Tendencia cuadrática	1	0,30	3,31	1,14	6,01	61,7			
					(Ve=0,19)				
Muestras tratadas	2								
Tendencia lineal	1	4,09	1,44	0,59	0,14	77,77	0,05	0,01	0,001
Tendencia cuadrática	1	2,75	1,08	0,71	37,03	84,0	5,12	10,56	22,86
					(Ve=148)				

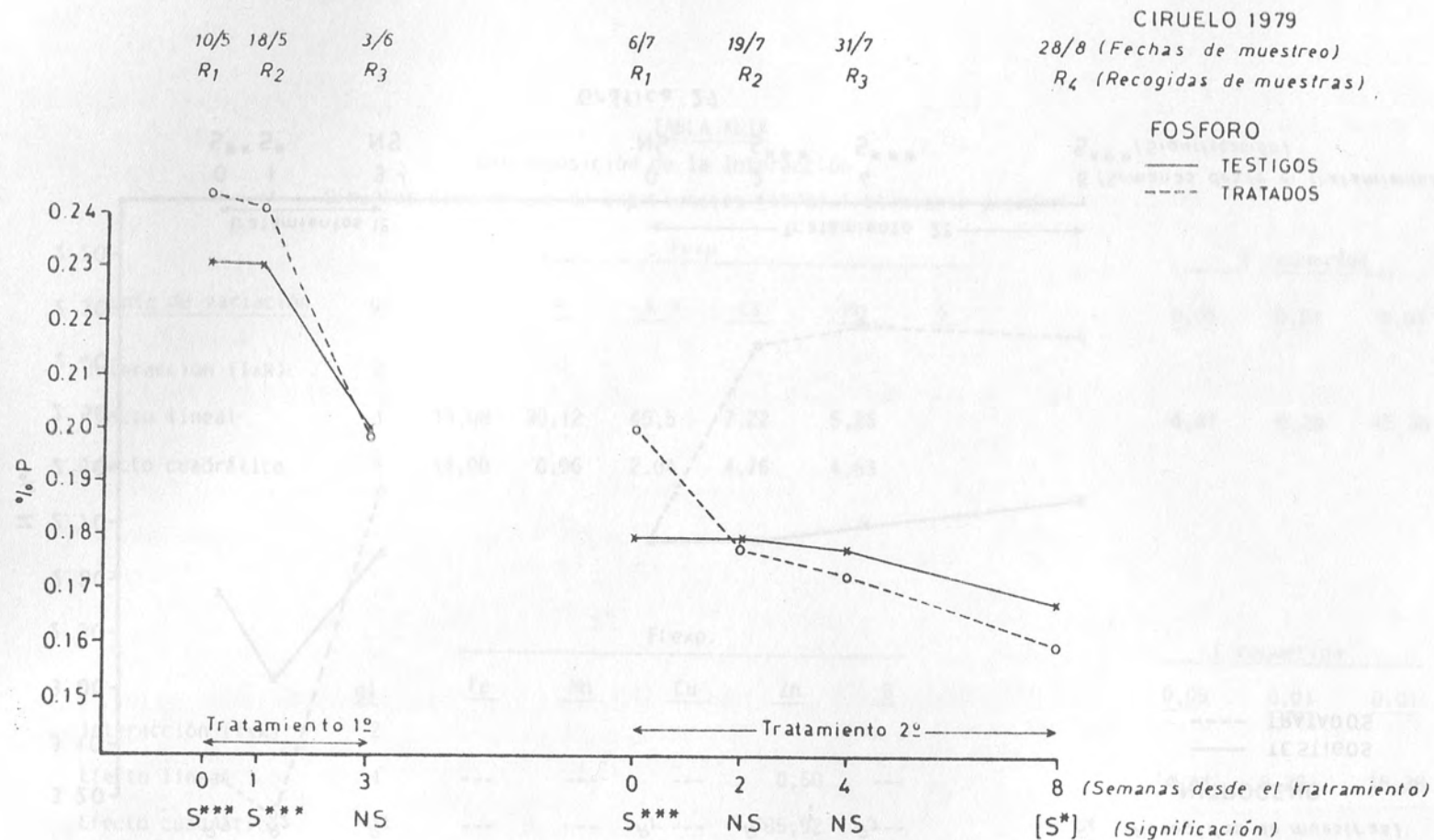
TABLA XLIX
Descomposición de la Interacción
Ciruelos.Segundo año de experiencias (1979).Tratamiento primero

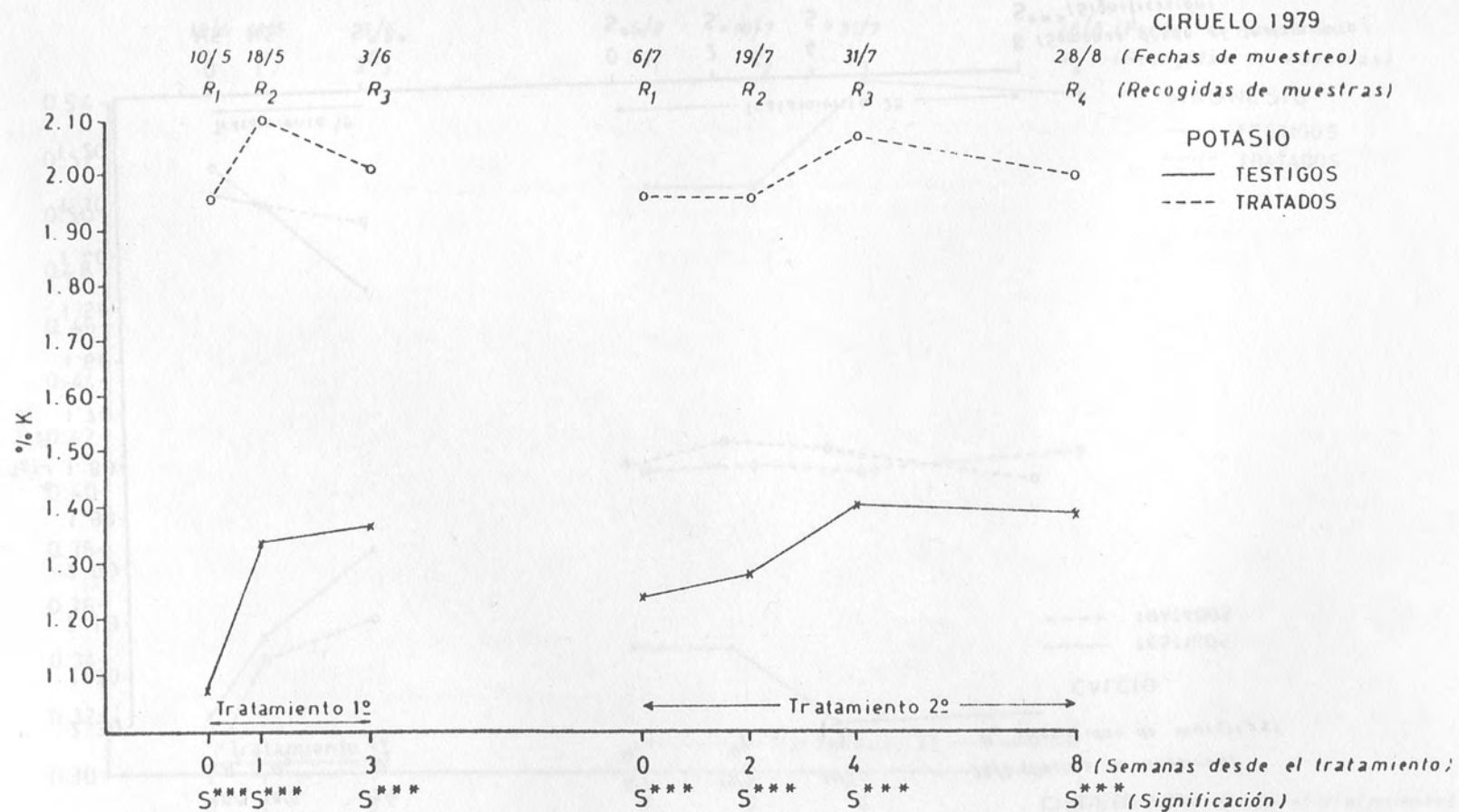
Fuente de variación	gl	F _{exp}						F requerida		
		N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,01
Interacción (I x R)	2									
Efecto lineal	1	13,08	30,12	45,5	7,22	5,25		4,41	8,28	15,38
Efecto cuadrático	1	14,00	0,96	2,04	4,76	4,63				

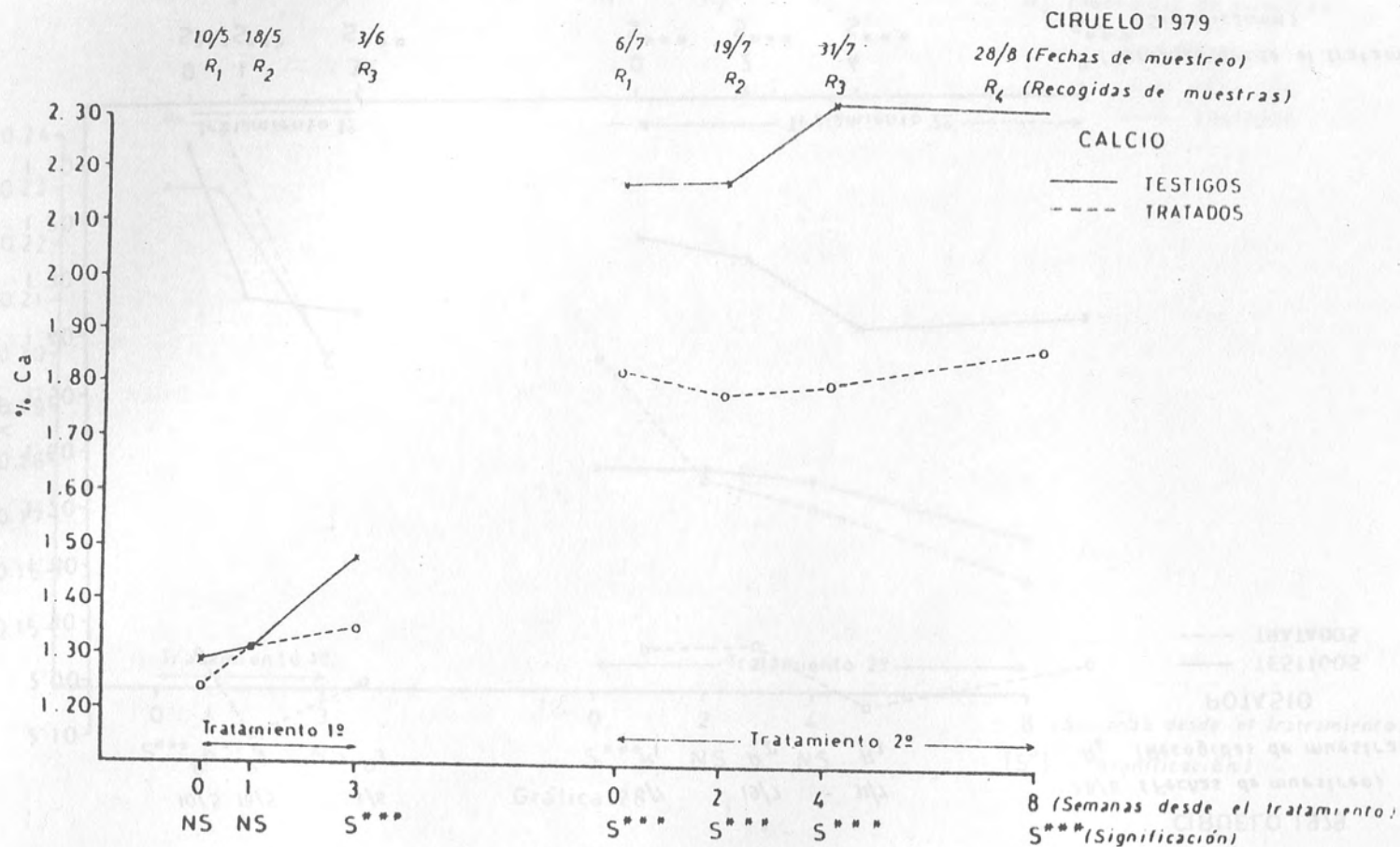
Fuente de variación	gl	F _{exp.}					F requerida		
		Fe	Mn	Cu	Zn	B	0,05	0,01	0,01
Interacción (I x R)	2								
Efecto lineal	1	---	---	---	0,50	---	4,41	8,28	15,38
Efecto cuadrático	1	---	---	---	35,92	---			

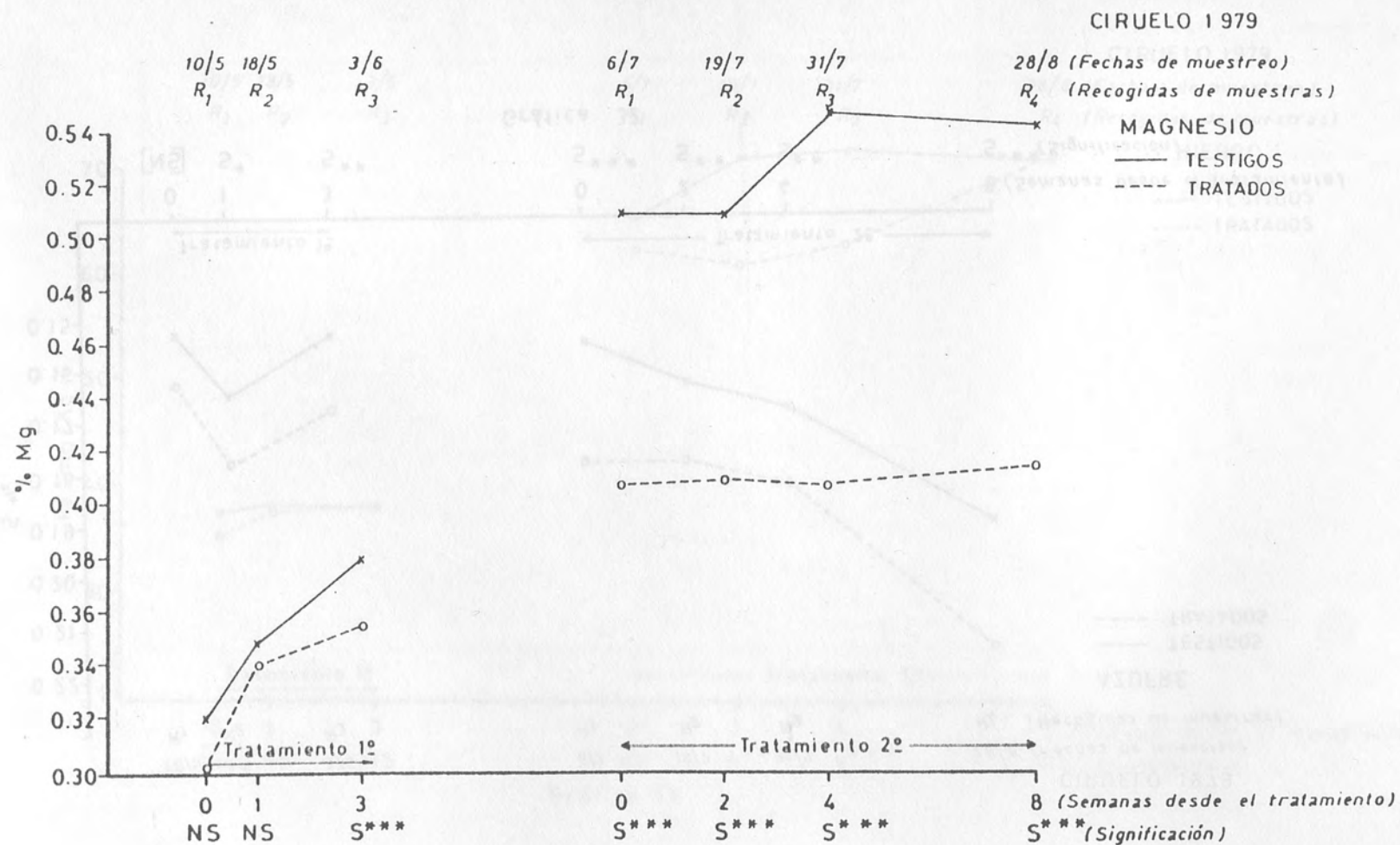


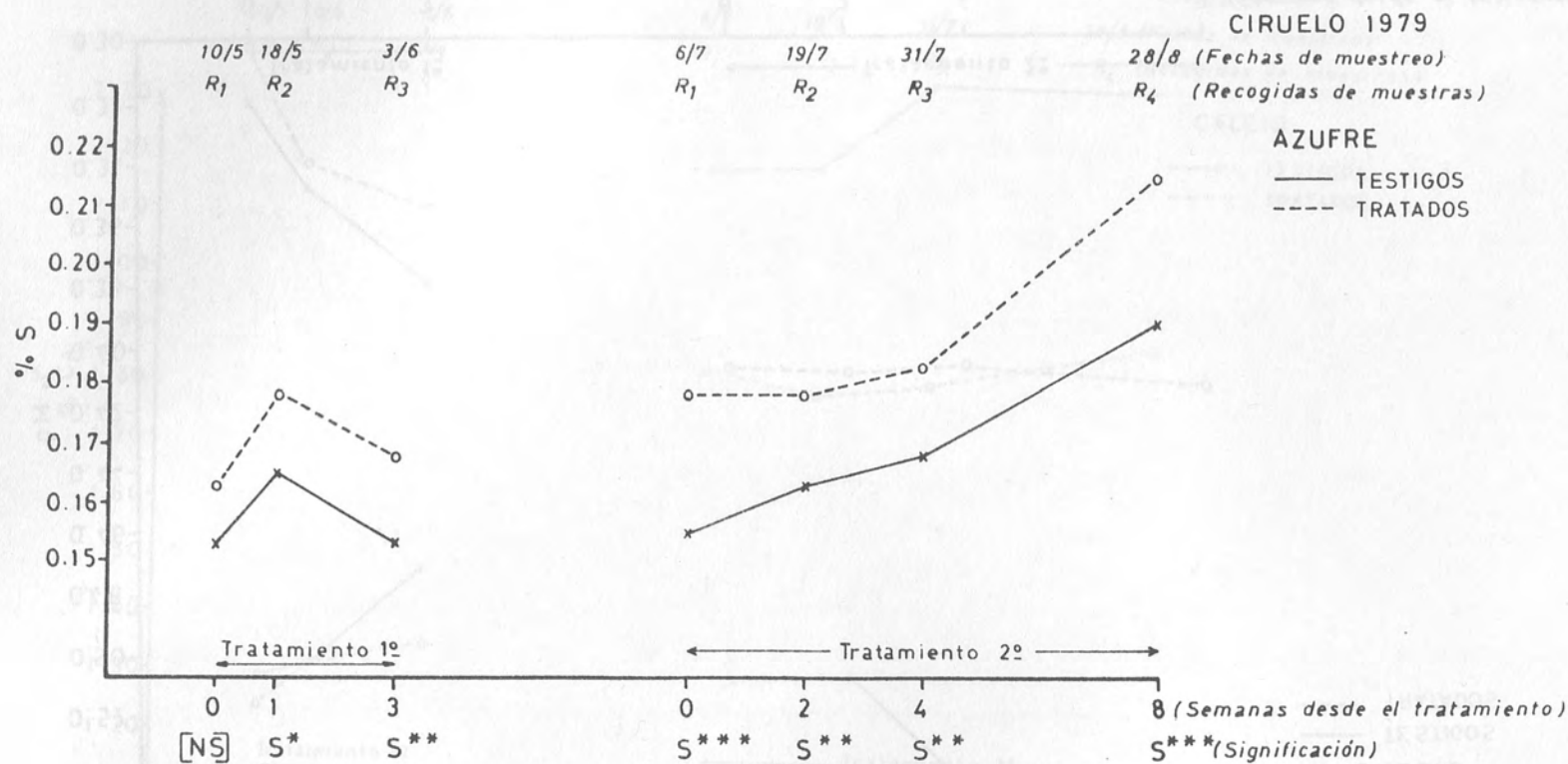
Gráfica 27

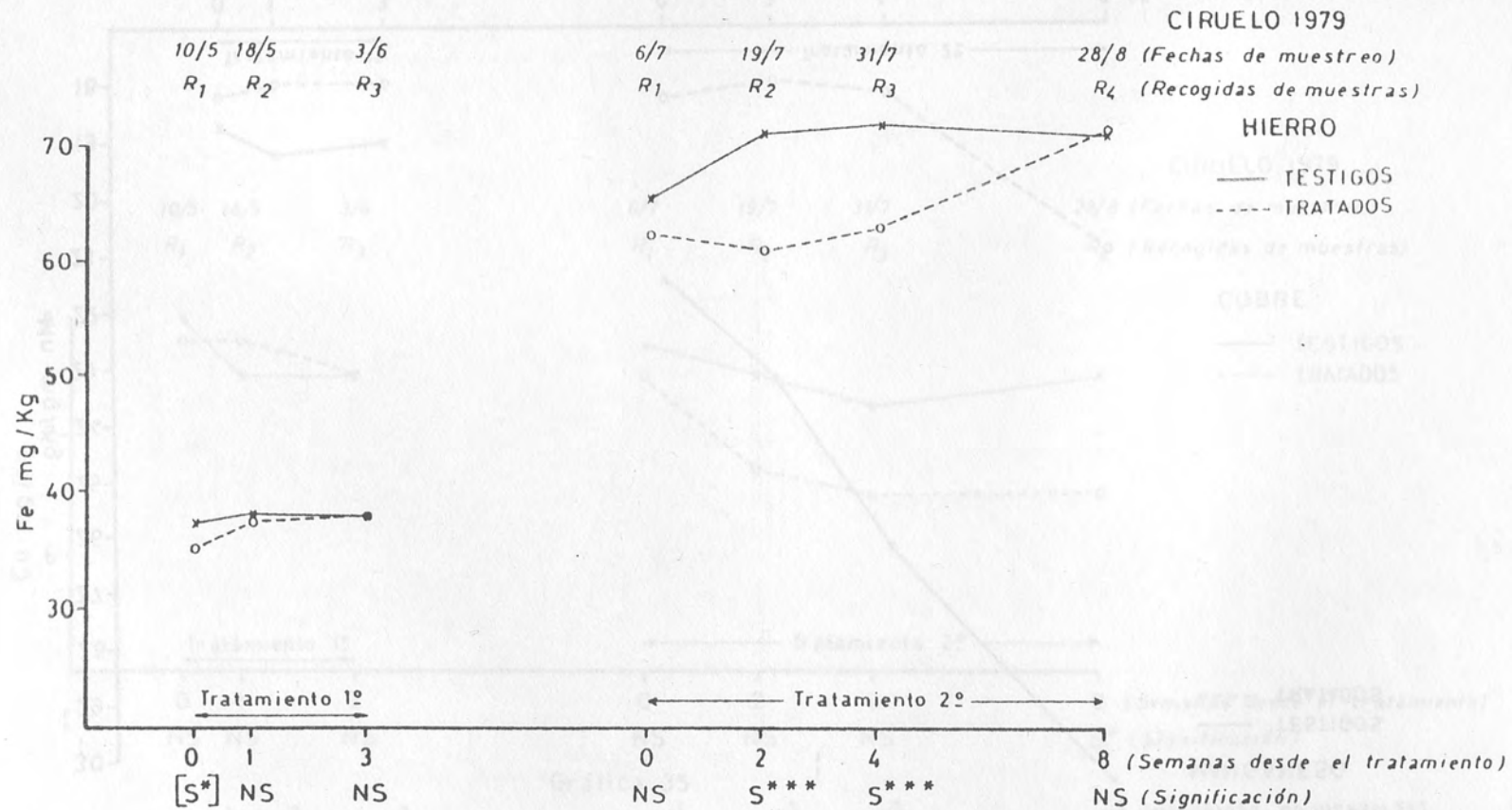




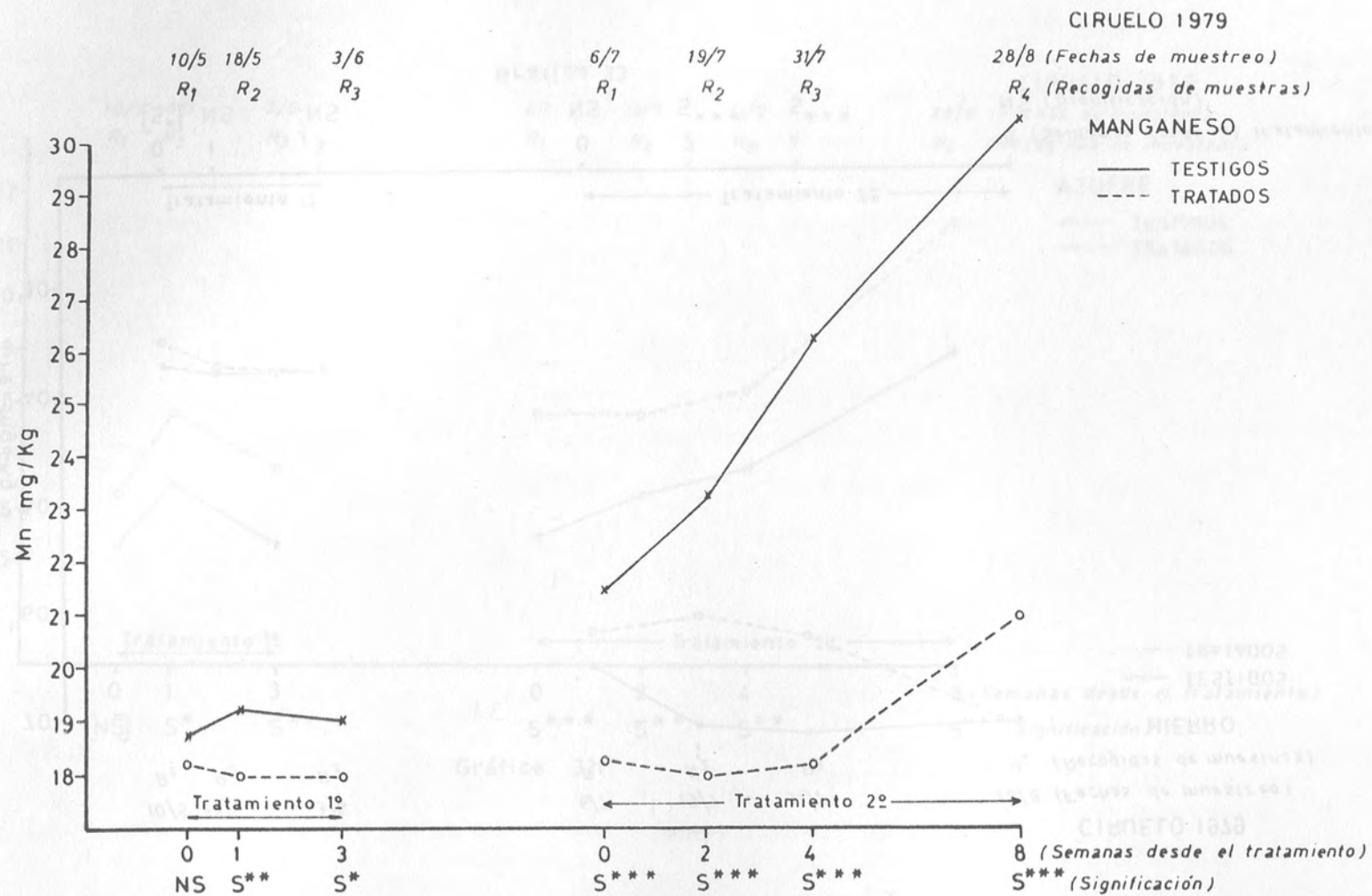




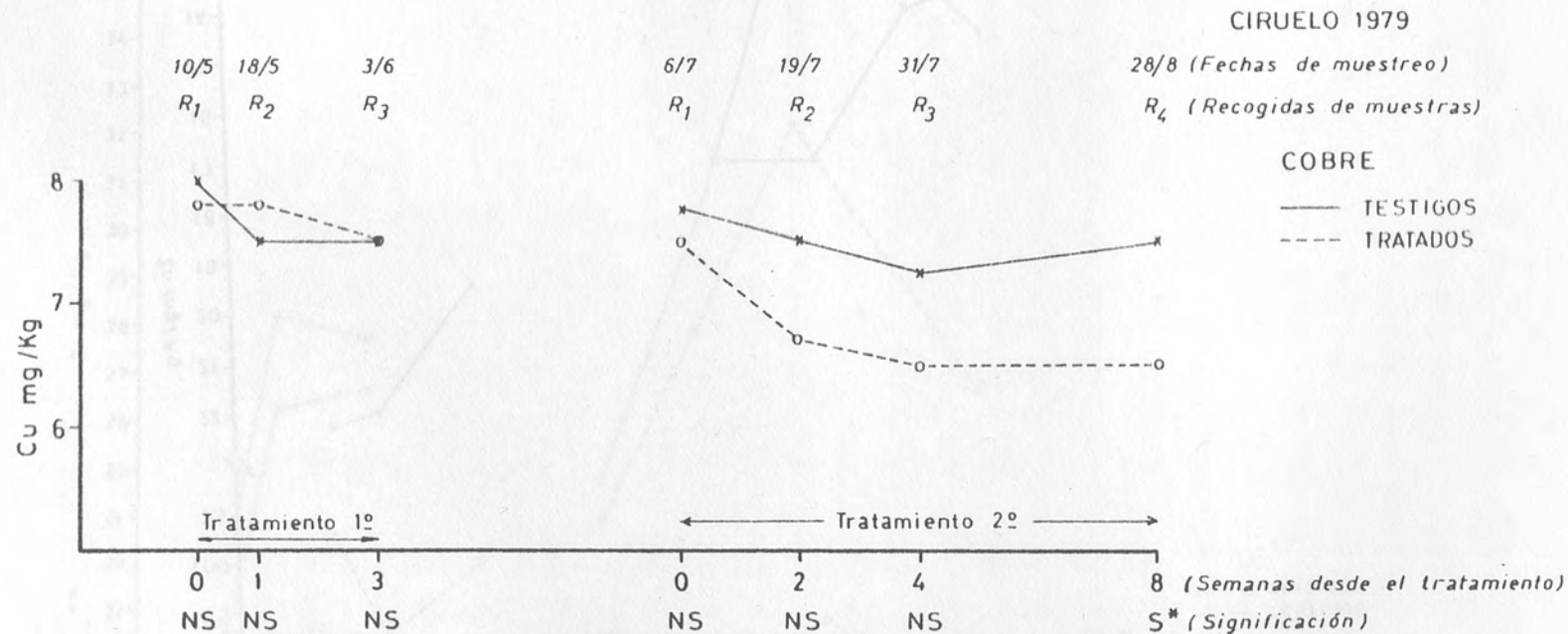


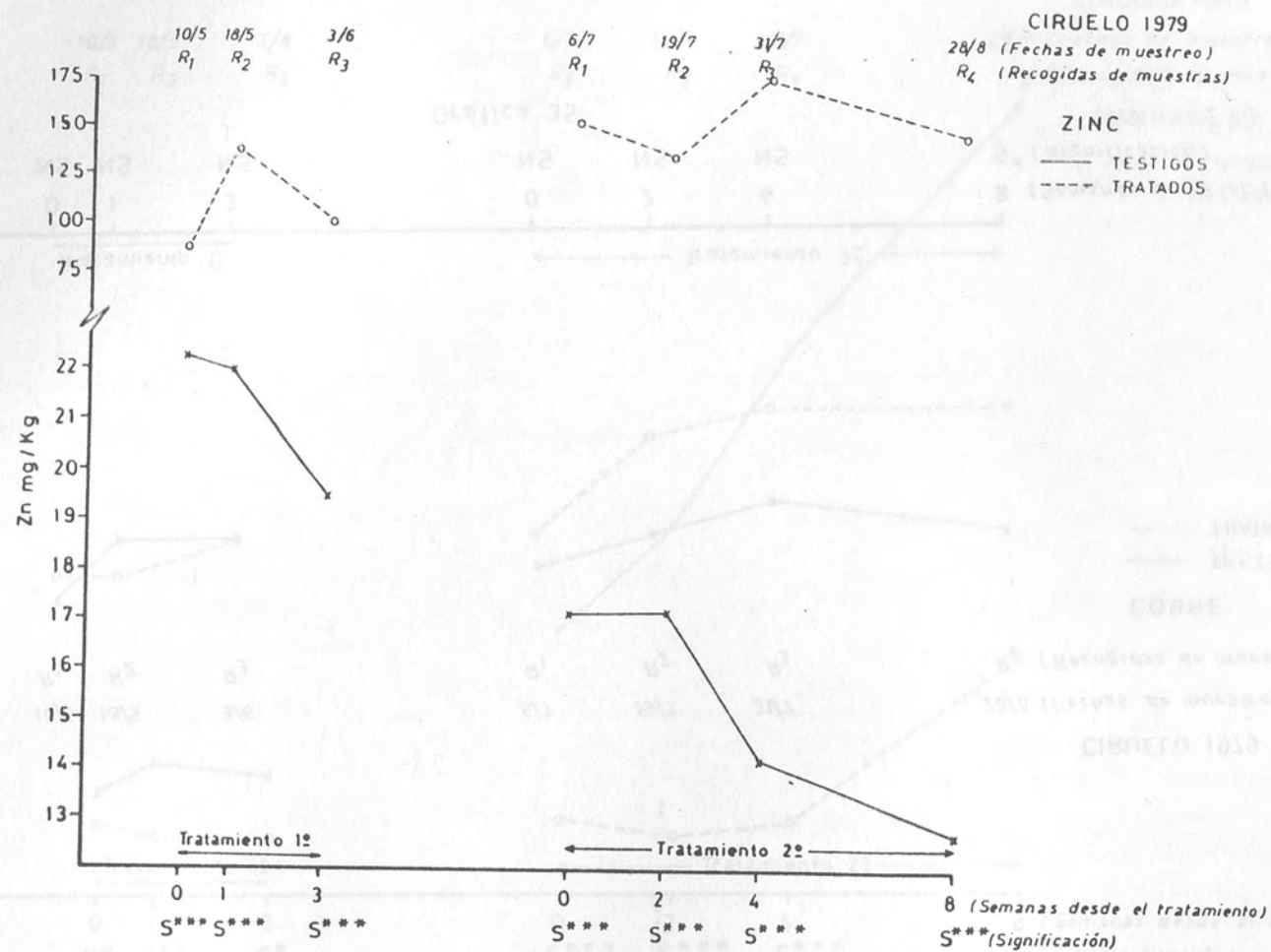


Gráfica 33

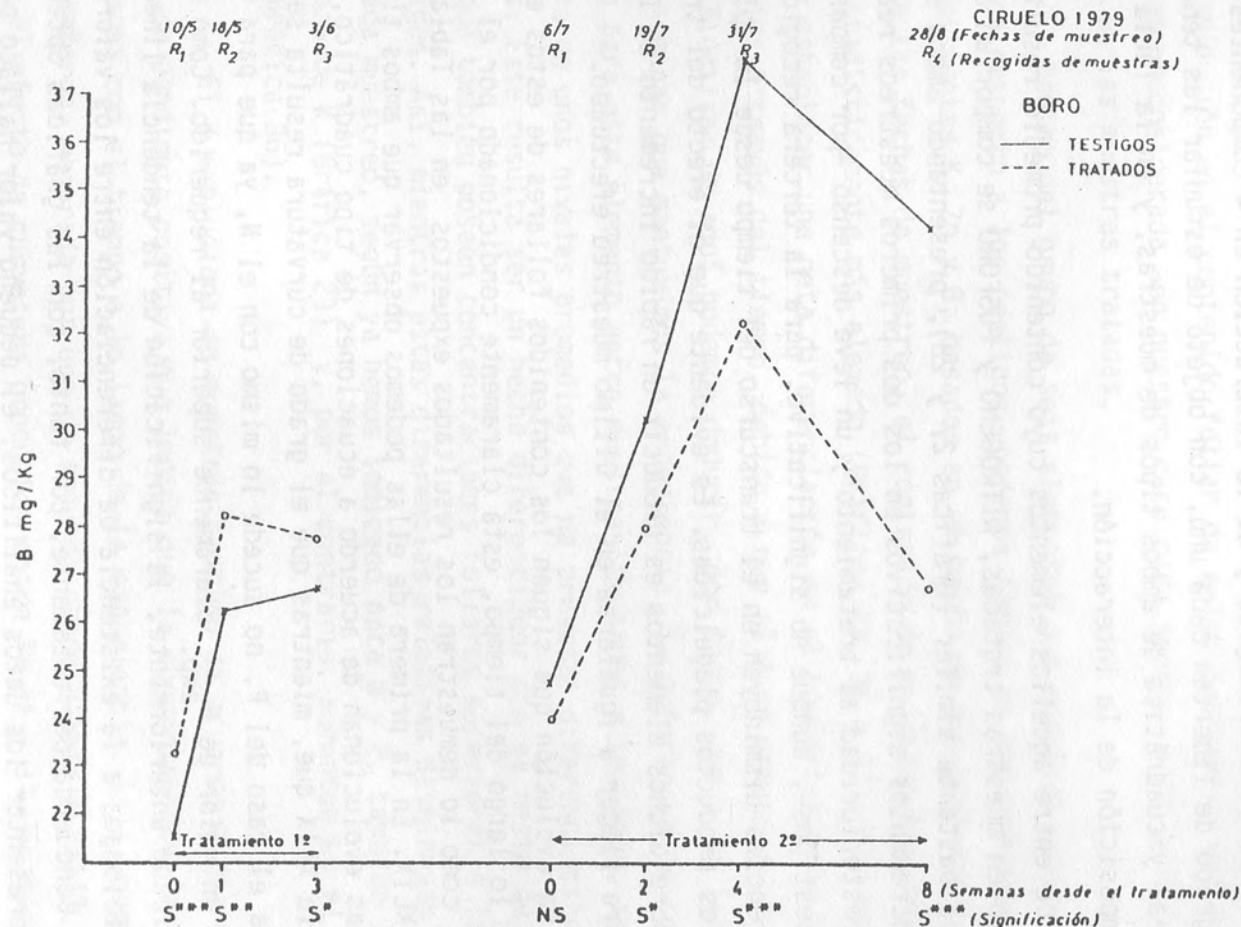


Gráfica 34





Gráfica 36



como también se puede apreciar en las gráficas correspondientes, esta experiencia se controló a lo largo de tres semanas, periodo en el que se realizaron tres muestreos. Por tanto, de acuerdo con nuestro objetivo, presentamos en la Tabla XLVIII la partición de la suma de cuadrados de los efectos de la recogida y de la interacción en 4 componentes con un sólo grado de libertad cada uno, con objeto de estudiar las tendencias lineal y cuadrática de ambos tipos de muestras, y en la Tabla XLIX la descomposición de la interacción.

De entre aquellos elementos cuyo contenido promedio resulta incrementado en muestras tratadas, NITROGENO y FOSFORO se comportan de una manera bastante similar (Gráficas 27 y 28), presentando ambos elementos incrementos significativos en los dos primeros muestreos realizados con posterioridad al tratamiento y un leve descenso -por comparación con los testigos-, aunque no significativo, para la tercera recogida. Las diferencias disminuyen en el transcurso del tiempo desde la aplicación de los productos plaguicidas. Es evidente que el efecto del tratamiento sobre dichos elementos es producir un rápido incremento de los mismos para llegar a igualarse en el último muestreo efectuado.

La evolución que siguen los contenidos foliares de estos elementos, a lo largo del tiempo, está claramente condicionado por el tratamiento, como lo demuestran los resultados expuestos en las Tablas XLVIII y XLIX. En la primera de ellas podemos observar que ambos tipos de muestras evolucionan de acuerdo a ecuaciones de tipo cuadrático, y en la Tabla XLIX que, mientras que el grado de curvatura resulta ser similar para el caso del P, no sucede lo mismo con el N, ya que para éste obtenemos un valor de $F_{exp.}$ claramente superior al requerido. Como ya hemos indicado anteriormente, la significación de la tendencia lineal está condicionada a la existencia de diferenciación entre los valores extremos. Concuierda perfectamente, por tanto, con las gráficas obtenidas al representar los datos analíticos, el pequeño valor hallado para

la F_{exp} correspondiente a la tendencia lineal para el N de las muestras testigos y el alto valor de las tratadas (Tabla XLVIII). Así mismo, son concordantes los valores obtenidos para el P. La significación estadística del efecto lineal de la interacción (Tabla XLIX), tanto para el N como para el P, nos da la verificación matemática a que de una forma global la disminución en el contenido foliar de estos nutrientes por cada unidad de tiempo considerada -en nuestro caso cada semana- está mucho más acentuada en las muestras tratadas.

Dentro del grupo de seis elementos que resultan estar incrementados con respecto a los testigos, podemos formar un segundo subgrupo con los nutrientes K, Zn y B, basados en el hecho de que para todas y cada una de las fechas de muestreo, el contenido de muestras tratadas resulta estadísticamente más elevado (Gráficas 29, 36 y 37). Sin embargo, se puede establecer una neta diferenciación en el comportamiento de estos nutrientes a través del tiempo, debido a que el B no presenta interacción significativa; de aquí podemos deducir, por tanto, que a lo largo de las tres semanas que mantuvimos la experiencia, la diferencia de concentración para este elemento entre muestras tratadas y testigos, se mantiene dentro de unos niveles promedios que no presentan diferenciación entre ellos. Este resulta ser un hecho diferenciador con el resto de los elementos que también poseen concentraciones foliares superiores a las de los testigos. Así, mientras estas diferencias relativas disminuyen a lo largo de cada muestreo, según ya hemos indicado para N y P, también lo hacen en el caso de K (Gráfica 29) y, por el contrario, aumentan en el caso del Zn (Gráfica 36).

El K evoluciona en muestras testigo de acuerdo a una ecuación lineal de pendiente positiva que indica que la concentración foliar se incrementa con el tiempo a lo largo de la experiencia. Esta ecuación es, sin embargo, mejorada por una de segundo grado (Tabla XLVIII), la cual recoge el efecto de curvatura producido entre la 2ª y 3ª recogida (Gráfica

29). En la misma tabla apreciamos que el K correspondiente a muestras - tratadas no es ajustado por ecuaciones lineales debido a que no hay diferencias significativas entre los valores obtenidos para la 1ª y 3ª re cogida y, sin embargo, sí es ajustada por una ecuación de tipo cuadrático, debido al aumento registrado en el segundo muestreo. La Tabla XLIX nos informa de que la significación de la interacción obtenida en el -- análisis preliminar de la varianza está originada por los componentes - lineales de ambos tipos de muestras; los efectos cuadráticos no contri- buyen a la misma al no existir diferencias significativas entre los va- lores hallados para la 2ª y 3ª recogida en ambos tipos de muestras.

Al igual que hemos hecho anteriormente siempre que el Zn forma ba parte de alguno de los productos aplicados, y debido a la fuerte va- riabilidad obtenida para la concentración de este elemento en muestras tratadas, hemos realizado el cálculo de las tendencias evolutivas de -- forma independiente para muestras testigos y tratadas, lo que conlleva el cálculo de las nuevas varianzas del error para cada una de estas po- blaciones, las cuales están reflejadas en la Tabla XLVIII. Como cabía - esperar al observar la Gráfica 36, los valores que muestra la citada ta- bla para las F_{exp} correspondientes a este elemento, nos confirman el - descenso cuasi-lineal que sufre con el tiempo este elemento en las mues- tras testigo, si bien un ajuste más perfecto por una ecuación de tipo - cuadrático define más correctamente su evolución. También queda confir- mado el ajuste parabólico que experimentan las muestras tratadas y la - variación de tendencia no sólo cuantitativa sino también cualitativa -- que se observa en este elemento para dichas muestras. La no significa- ción de la componente lineal de la interacción, registrada en la Tabla XLIX, es debida a que dicha descomposición se realizó utilizando la va- rianza del error correspondiente al conjunto de muestras tratadas y no tratadas, no permitiendo el elevado valor de esta varianza encontrar -- significación para cualquier distribución de los datos correspondientes a muestras testigo.

El S no lo hemos introducido en ninguno de los dos subgrupos anteriores. Ello se debe a que, aunque las diferencias relativas en contenido de muestras tratadas respecto a testigos se incrementan con el -- tiempo (Gráfica 23), al igual que en el caso del Zn, sin embargo, la -- comparación correspondiente, a la primera fecha de muestreo no es significativa. Este hecho puede indicar una acumulación y absorción con el -- tiempo a partir de los depósitos de los productos agregados. No existe para este elemento interacción entre el tratamiento y el tiempo, siendo ajustadas las tendencias en ambos casos, por parábolas de curvatura muy similar, resultando, por tanto, totalmente análoga la evolución de este elemento en ambos tipos de muestras.

Los tres elementos que, como efecto promedio, se encuentran -- disminuidos en muestras tratadas son Ca, Mg y Mn, comportándose los -- tres, a grosso modo, de forma parecida, destacando un comportamiento -- muy análogo entre los dos primeros en lo que se refiere a fechas de -- muestreo. Así, en las Gráficas 30 y 31 se puede observar que ni para Ca ni para Mg hay significación entre las concentraciones de muestras testigos y muestras tratadas correspondientes a las dos primeras recogidas, aunque los valores inferiores corresponden a las muestras tratadas; por el contrario, en ambos elementos, el tercer muestreo resulta ser alta--mente significativo.

Debido a que el valor encontrado para la $F_{exp.}$ de la interac--ción del Mg está muy próximo al requerido para que se alcance la signi--ficación estadística (Tabla XLVII), hemos realizado la descomposición -- de aquélla (Tabla XLIX), concordando con lo obtenido en el estudio so--bre las tendencias (Tabla XLVIII), donde se aprecia que ambos tipos de muestras son ajustadas por una ecuación lineal, ecuación de menor pen--diente en el caso de las muestras tratadas cuyos datos resultan mejora--dos mediante un ajuste cuadrático.

En cuanto al Mn, la Tabla XLVII muestra que el efecto del tratamiento es significativo para una $P < 0,01$ y que la interacción no llega a tener tal carácter. La evolución de este elemento está recogida en la Gráfica 34. Allí se indica que no hay diferencias para la comparación entre muestras testigos y tratadas correspondientes a la primera recogida y, sin embargo, sí la hay en las comparaciones siguientes. Aunque los valores de concentración obtenidos en ambos tipos de muestras son bastante próximos entre sí, parece quedar claro que el tratamiento produce un decrecimiento en la concentración foliar de este elemento. Los valores obtenidos para $F_{exp.}$ en el estudio de las tendencias (Tabla XLVIII) indican que la dinámica foliar del nutriente no está alterada y que, en ningún caso, se acomoda su evolución a tendencia definida alguna.

En la Tabla XLVII queda evidenciado que ni el Fe ni el Cu poseen significación estadística ni para el efecto del tratamiento, ni para el de la interacción de los efectos principales. La Gráfica 33 recoge la existencia de significación estadística en la comparación realizada entre muestras tratadas y testigos en la primera fecha de muestreo para una $P < 0,05$, aunque el valor de $F_{exp.}$ hallado supera por muy poco al requerido. De otro lado, la Tabla XLVII muestra que, en su conjunto, el efecto del tratamiento no es significativo. Ello pone de manifiesto que, al nivel estadístico indicado, no se produce disminución de este elemento una vez realizado el tratamiento aunque, de la evolución de los datos obtenidos se pueda intuir y corroborar para niveles probabilísticos inferiores. Se puede concluir, no obstante que, a los niveles probabilísticos ensayados, las concentraciones foliares de estos elementos no son afectados por el tratamiento plaguicida. Además, los valores de $F_{exp.}$ recogidos en la Tabla XLVIII ponen de manifiesto que ninguno de estos elementos presentan tendencia evolutiva definida a lo largo del tiempo que duró la experiencia, permaneciendo estable su concentración foliar referida a peso seco.

Las hojas de ciruelos que recibieron el tratamiento plaguicida con los productos "Croneton 50L" (etiofencarb, 1623), "Irokar" (dinocap, 2912), y "Pomarsol Z forte" (ziram, 3225), presentan las siguientes diferencias frente a aquéllos que se adoptaron como testigos:

- Incrementos en las concentraciones foliares medias de los -- elementos: N, P, K, S, Zn y B. En la tercera y última recogida desaparecen los incrementos observados en N y P y se mantienen con carácter de significación estadística todos los demás, incrementándose a lo largo del tiempo las diferencias observadas para S y Zn, elementos introducidos con el tratamiento.

- Disminuyen las concentraciones de Ca, Mg y Mn; a partir del tercer muestreo con carácter estadístico significativo para las dos primeras y, a partir del segundo, para el Mn.

- Permanecen inalterados los elementos Fe y Cu.

- El Zn es el único elemento que presenta alterada su evolución natural a lo largo del tiempo en forma cualitativa. El resto de los elementos afectados por el tratamiento presentan alterada la tendencia evolutiva únicamente en forma cuantitativa, a excepción de S y B, los cuales, aunque incrementan sus concentraciones foliares a causa del tratamiento, evolucionan en forma absolutamente análoga en ambos tipos de -- muestras. Fe, Mn y Cu tampoco poseen alteración evolutiva cuantitativa.

6.1.2.- Ciruelos. Tratamiento segundo: "Dimetoato 40" (dimetoato, 1553). "Pomarsol Z forte" (ziram, 3225).

El resumen de los resultados obtenidos en el análisis estadístico se presenta en las Tablas L, LI, LII; las representaciones gráficas de los resultados analíticos están recogidas, al igual que en el tratamiento anterior, en las Gráficas 27 a 37 ambas inclusive.

TABLA L

ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Círuelos. Segundo año de experiencias (1979). Tratamiento segundo

Fuentes de variación	Fexp							F requerida		
	gl	N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento (T)	1	224,33	4,20	4021,2	1189,5	1893,4	32,99	4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida (R)	3	36,32	78,6	37,55	19,03	16,14	66,93	3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción (TxR)	3	27,24	27,93	4,36	8,95	12,99	3,20			
Varianza del error	24	$2,3 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$8,7 \cdot 10^{-4}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$5,8 \cdot 10^{-5}$	$3,2 \cdot 10^{-5}$			
	gl	Fe	Mn	Cu	Zn	B		0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento (T)	1	33,31	477,17	12,51	10368,3	150,72		4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida (R)	3	10,69	77,05	2,86	37,84	180,69		3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción (TxR)	3	6,46	22,00	0,65	48,82	20,19				
Varianza del error	24	6,93	0,70	0,30	14,85	0,82				

TABLA LI

DINAMICA FOLIAR. Ciruelos. Segundo año de experiencias. (1979). Tratamiento segundo

Fuentes de variación	gl	F exp.						F requerida		
		<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
<u>Muestras testigo</u>	3									
Tendencia lineal	1	6,32	24,18	61,29	49,99	53,33	82,30	4,24	7,77	14,03
Tendencia cuadrática	1	0,98	3,00	16,30	6,13	8,41	1,62			
Tendencia cúbica	1	0,22	0,01	11,30	15,70	23,09	0,45			
<u>Muestras tratadas</u>	3									
Tendencia lineal	1	97,96	174,57	7,49	6,27	1,76	103,79	4,24	7,77	14,03
Tendencia cuadrática	1	83,53	9,73	14,8	5,27	0,33	17,49			
Tendencia cúbica	1	11,35	5,09	14,53	0,60	0,47	0,06			

	gl	F exp.					F requerida		
		<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
<u>Muestras testigo</u>	3								
Tendencia lineal	1	6,26	261,38	0,37	216,20	208,53	4,75	9,33	18,64
Tendencia cuadrática	1	6,76	0	1,20	0,23	207,04			
Tendencia cúbica	1	0,95	1,55	0,06	26,50	27,61			
					(Ve=0,25)				
<u>Muestras tratadas</u>	3								
Tendencia lineal	1	30,10	26,22	4,68	0,63	14,94			
Tendencia cuadrática	1	7,24	7,97	3,09	26,51	138,52			
Tendencia cúbica	1	0,15	0,02	0,12	130,53	7,75			
					(Ve=21,95)				

TABLA LII

Descomposición de la Interacción

Ciruelos.Segundo año de experiencias(1979).Tratamiento segundo

Fuente de variación	gl	Fexp						F requerida		
		N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,01
Interacción (TxR)	3									
Efecto lineal	1	27,25	67,89	12,95	10,42	17,85	0,62	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	51,35	10,99	0,01	11,38	6,06	4,23			
Efecto cúbico	1	7,38	4,91	0,10	5,06	15,08	0,08			

	gl	F exp.					F requerida		
		Fe	Mn	Cu	Zn	B	0,05	0,01	0,01
Interacción (TxR)	3								
Efecto lineal	1	4,45	61,0		8,89	55,90	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	14,00	4,99		23,72	3,43			
Efecto cúbico	1	0,94	1,00		125,72	3,05			

En la Tabla L se puede observar que el efecto del tratamiento es significativo para todos los elementos a excepción del FOSFORO; sin embargo, el efecto de la interacción sí es altamente significativo para este elemento. De nuevo nos encontramos con un caso en que el efecto del tratamiento, al calcularse como un efecto promedio, está enmascarado debido a los aumentos iniciales y disminuciones finales (Gráfica 28) que presentan las muestras tratadas respecto a los testigos. La realidad es que el tratamiento parece jugar una importancia definitiva en el contenido de este elemento. Promediando, se puede decir que, después de realizado el tratamiento, se observa que las muestras tratadas presentan:

- Disminuidas las concentraciones foliares de NITROGENO, CALCIO, MAGNESIO, HIERRO, MANGANESO, COBRE y BORO.
- Incrementadas las correspondientes a los elementos POTASIO, AZUFRE y ZINC.
- Incrementada, al principio, y disminuida, al final de la experiencia, la de FOSFORO.

Respecto a lo observado en el tratamiento anterior se han producido modificaciones notables para los elementos NITROGENO, FOSFORO, HIERRO, MANGANESO, COBRE y BORO y se han decantado muy claramente las disminuciones observadas allí para Ca y Mg. Parece mostrarse, por tanto, con bastante nitidez que el tratamiento influye sobre el estado nutritivo de la planta.

De los tres elementos que continúan estando en mayor concentración en hojas tratadas, dos de ellos, S y Zn, son parte constituyentes de uno de los productos añadidos. El Zn posee una concentración media que está incrementada con respecto a la obtenida en el primer tratamiento, aunque sólo en unos 30-40 mg/Kg, y ello a pesar de haber vuelto a tratar con ziram (3225), fungicida que lo contiene en su molé

cula. No se observa una tendencia clara a que el elemento se vaya acumulando en las hojas a lo largo del tiempo, lo que puede indicar que, si realmente es absorbido, se redistribuya por la planta. El estudio sobre tendencias está recogido en la Tabla LI. La dinámica foliar descendente que presenta dicho elemento en condiciones de normalidad, se ve alterada (Gráfica 36) por el tratamiento, no existiendo tendencia lineal alguna para las muestras tratadas y siendo ajustadas las evoluciones de ambos tipos de muestras por ecuaciones cúbicas aunque de distinta índole, como se pone de manifiesto en los valores obtenidos para la descomposición de la interacción (Tabla LII).

El S que, como acabamos de decir, forma parte de la molécula de la materia activa de uno de los plaguicidas utilizados -concretamente del ziram (3225)- se mantiene incrementado en todos los muestreos realizados. Existe un pequeño incremento consecutivo a la aplicación del tratamiento con respecto a la última recogida del tratamiento anterior. (Gráfica 32). El valor obtenido para el efecto de la interacción roza la significación, y el estudio acerca de las tendencias evolutivas del elemento, así como la descomposición de la interacción, apoyan la existencia real de tal interacción. El mayor aumento de concentración experimentado por las muestras tratadas entre la tercera y cuarta recogida hace que estos datos se vean bien ajustados por una ecuación cuadrática, mientras que los correspondientes a muestras testigos lo son únicamente por una ecuación lineal (Tabla LI). Los valores obtenidos en la descomposición de la interacción (Tabla LII) corroboran este particular. Parece por tanto, que la absorción de este elemento desde los depósitos foliares externos u otras posibles causas que hayan originado el incremento detectado, persisten a lo largo del periodo experimental.

En cuanto al POTASIO, aunque las concentraciones foliares de las muestras tratadas se han incrementado algo respecto a las encontradas en testigos, éste es el único elemento de los estudiados que, junto

con el azufre, parece verse menos afectado directamente por el tratamiento, ya que, su comportamiento y contenido se mantienen dentro de lo observado para el tratamiento anterior. Existe, no obstante, una interacción en el comportamiento temporal del nutriente en ambas muestras que se circunscribe en el efecto lineal (Tabla LII), lo que se traduce en -- que, de una forma global y, a pesar de las diferencias en contenido, el aumento experimentado en la concentración foliar de este elemento durante el periodo de tiempo estudiado, ha sido algo más intenso en testigos; dicho de otra forma, parece que, aunque levemente, las diferencias de -- contenido se van aminorando con el tiempo.

Si comparamos con los efectos observados en el tratamiento anterior, CALCIO y MAGNESIO siguen la pauta allí observada, pues sus concentraciones foliares en muestras tratadas son inferiores a las halladas en testigos, pero ahora de una forma mucho más marcada, especialmente en el caso del MAGNESIO, para el que no se observa elevación alguna de contenido con posterioridad a la aplicación del tratamiento.

Al contrario de lo observado en el tratamiento anterior HIERRO, MANGANESO y COBRE sí que se ven afectados, ya que para los tres encontramos significativos los valores correspondientes al efecto del tratamiento (Tabla L), pero ninguno de ellos evoluciona de la misma manera a lo largo del tiempo que se mantuvo la experiencia. Así, mientras que el HIERRO solamente parece ser afectado de forma significativa durante el periodo central de la experiencia (Gráfica 33), el MANGANESO lo es desde la primera recogida y cada nuevo muestreo presenta incrementado las diferencias de contenido respecto a testigos (Gráfica 34). Parece desprenderse de aquí que el Mn es afectado de una forma bastante más sensible y -- prolongada en el tiempo que el Fe.

En cuanto al COBRE, la significación está centrada en la última fecha de muestreo (Gráfica 35), si bien los contenidos de muestras tratadas permanecen en todo momento inferiores a las testigos. No parece pro-

bable que a las ocho semanas de realizado el tratamiento plaguicida se vea el Cu directamente influenciado por la acción de aquél; es más lógico pensar que este efecto pudiese estar ocasionado por alguna acción in directa de los productos añadidos.

El BORO (Gráfica 37) sí que parece verse afectado y, además, - en forma totalmente opuesta a como lo estuvo en el tratamiento anterior. Aunque a nivel estadístico el descenso observado para la primera recogida no es significativo, el tiempo transcurrido desde el último muestreo del tratamiento anterior hasta el primero de éste, no permite calibrar exactamente la cuantía del descenso imputable directamente al propio -- tratamiento. Pero sí que apreciamos claramente en la citada Gráfica 37 que, a medida que transcurre el tiempo, el distanciamiento entre los contenidos de B de ambos tipos de muestras es cada vez más patente. En este sentido hay una clara concomitancia de comportamiento con Cu y Mn, y bastante similar, por otra parte, a Ca y Mg.

El estudio de las tendencias para cada tipo de muestras se presenta en la Tabla LI y la comparación entre las mismas en la Tabla LII. Dentro de este grupo de elementos que estamos comentando, la tendencia - natural del elemento se ve alterada para el Mg y el Cu. Así, se pone de manifiesto que el Mg de las muestras tratadas no evoluciona de acuerdo - con ninguna de las tendencias posibles y su concentración permanece constante a lo largo de todo el periodo observado (Gráfica 31). Por el con-- trario, el Mg de los testigos, aunque es ajustado por los tres tipos de curvas posibles, la ecuación cúbica es la que mejor define su evolución.

La Tabla LI y la Gráfica 35 indican que en las muestras testi-- gos el COBRE no posee una tendencia definida, mientras que en las mues-- tras tratadas su contenido disminuye con el tiempo siguiendo la pauta de una ecuación lineal. Sin embargo, este hecho no tiene la suficiente entidad estadística como lo demuestra el efecto de la interacción obtenido - en el análisis preliminar de la varianza y, posteriormente, la descompo-

sición de la misma (Tabla LII), cuyos valores carecen de significación. El valor obtenido para la tendencia lineal de las muestras tratadas -- (Tabla LI) no está muy por encima del requerido, debiendo hacer notar, -- de nuevo, que los valores obtenidos para F_{exp} son meramente probabilísticos. De todo ello, podríamos deducir que este elemento no evoluciona en forma distinta en los dos tipos de muestras, lo que nos conduce a -- cuestionar, razonablemente, el hecho de que sus niveles estén significativamente disminuidos. CALCIO, HIERRO, MANGANESO y BORO no ven alterada su dinámica cuando ésta se considera bajo un punto de vista global, es decir, cuando observamos únicamente si la tendencia natural del elemento es acumularse con el tiempo en las hojas o disminuir su contenido. Sin embargo la forma en que esta tendencia natural es llevada a cabo, -- sí se ve alterada y esto en unos elementos más que en otros. El único -- de ellos que presenta una evolución paralela con sus correspondientes -- testigos --aunque con un rango creciente de separación en sus valores-- -- es el BORO, lo que se refleja en que únicamente el efecto lineal de la interacción es significativo. El resto de los elementos no tienen el -- mismo comportamiento en muestras testigos y en tratadas en los periodos de tiempo comprendidos entre muestreos consecutivos, lo que se aprecia en las significaciones obtenidas para los distintos efectos de la -- interacción.

Los dos últimos elementos que nos quedan por comentar son el -- NITROGENO y FOSFORO, y lo hacemos en conjunto porque, a pesar de que ya hemos explicado algunos hechos diferenciadores, como el no haber encontrado un valor significativo para el efecto del tratamiento en el caso del fósforo, es posible que ambos --al igual que lo observado en el tratamiento anterior-- tengan un comportamiento global similar caracterizado por un rápido incremento inicial y una pérdida relativamente rápida del mismo. De todas formas y, debido al tiempo transcurrido desde el -- último muestreo del primer tratamiento hasta el primero del segundo, es

difícil determinar si se produce en el nitrógeno este fenómeno el cual - sí que parece darse en el fósforo de una forma muy clara, y se dió anteriormente, con los dos elementos en el primero de los dos tratamientos realizados. En cualquier caso, se produce un marcado descenso de la concentración de ambos nutrientes después de realizado el primer muestreo (Gráficas 27 y 28). Las diferencias de concentración que esta caída supone para el N, se mantienen ya en unas proporciones muy similares a lo largo del resto del tiempo en que se desarrolló la experiencia. Por el contrario, la caída de fósforo continúa -aunque de una forma más suave- hasta que en el último muestreo el valor hallado llega a hacerse estadísticamente menor que el obtenido en testigos.

Como resumen de los efectos observados a lo largo del periodo experimental que estamos analizando podemos indicar:

- Disminución en las concentraciones foliares medias de los elementos NITROGENO, CALCIO, MAGNESIO, HIERRO, MANGANESO, COBRE y BORO.
- Incremento en POTASIO, AZUFRE y ZINC.
- Comportamiento alternante en FOSFORO.
- Tendencias fisiológicas naturales alteradas en los elementos MAGNESIO y ZINC. No está claramente determinado el comportamiento para el COBRE.
- Los elementos que alteran su evolución en cuanto al modo de llevarla a cabo, pero no en cuanto a lo estipulado como pauta de normalidad fisiológica son: NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, CALCIO, (AZUFRE), - HIERRO, MANGANESO, (COBRE) y BORO.

Para los elementos que aparecen entre paréntesis no se puede establecer tal aseveración en forma absoluta.

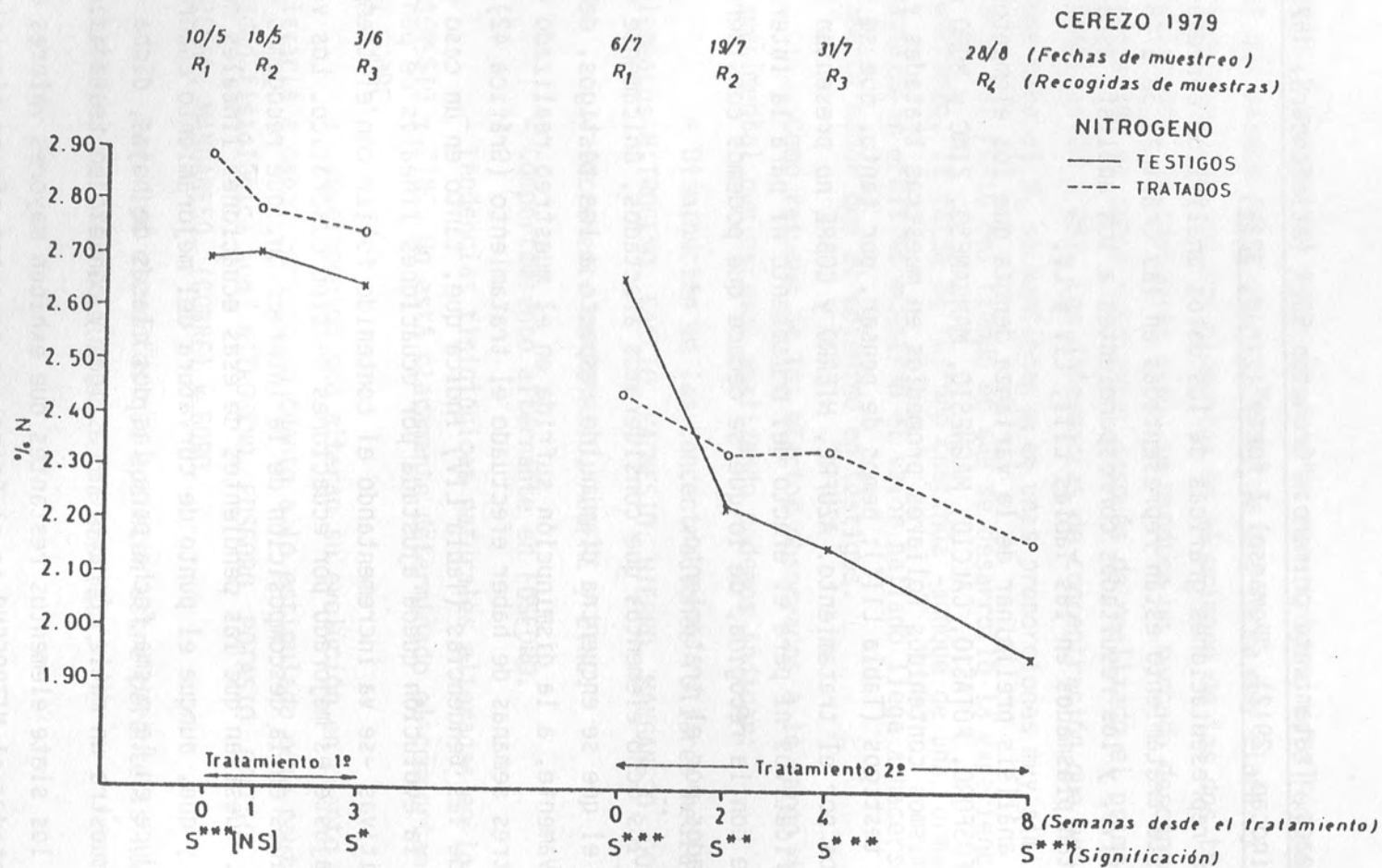
6.1.3.- Cerezos. Tratamiento primero: "Cronetón 50L" (etiofencarb, 1623)
"Irokar" (dinocap, 2912), "Pomarsol Z forte" (ziram, 3225)

Las representaciones gráficas de los datos analíticos correspondientes a este tratamiento están representadas en las Gráficas 38 a 48 - ambas inclusive, y los resultados correspondientes a los análisis estadísticos están plasmados en las Tablas LIII, LIV y LV.

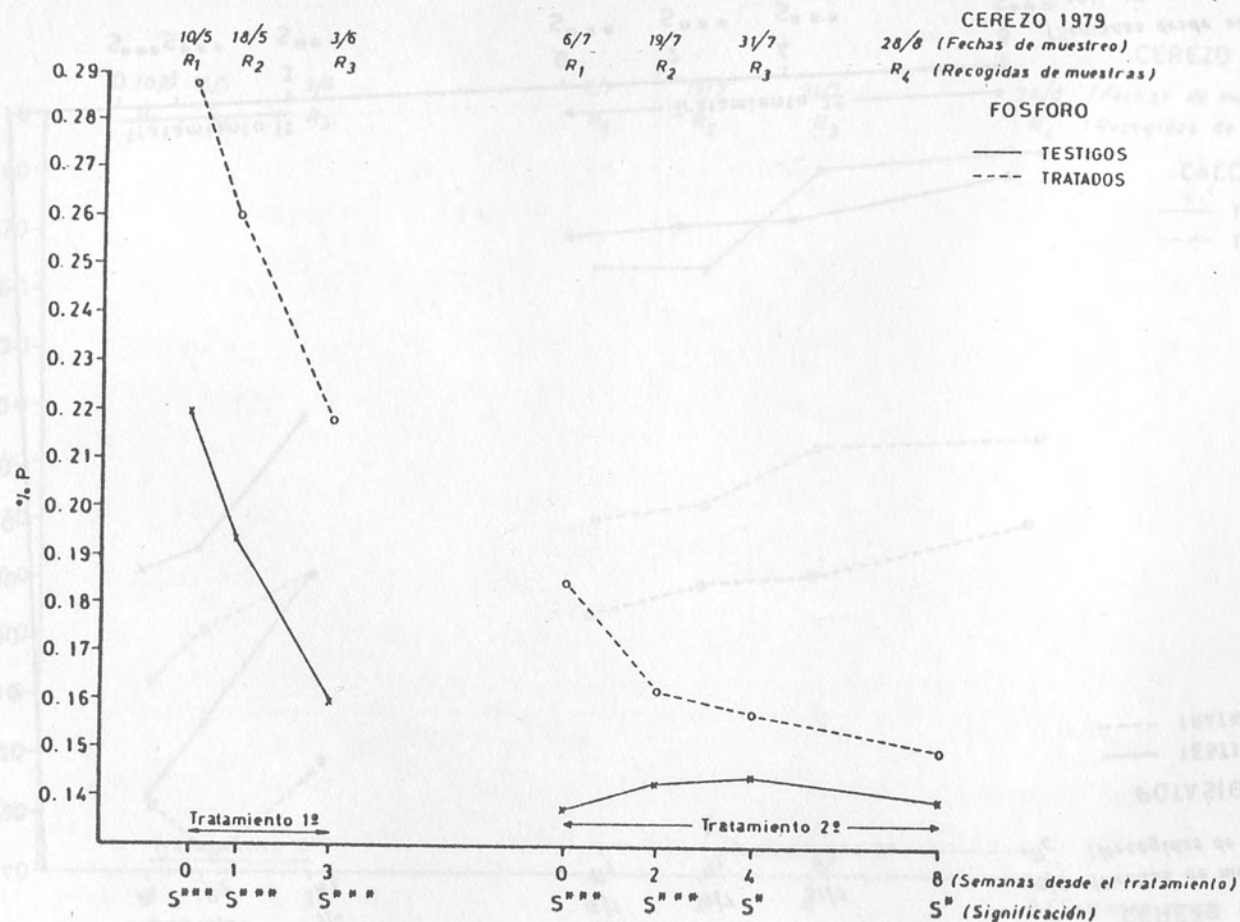
El análisis preliminar de la varianza denota que los elementos NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, CALCIO, MAGNESIO, MANGANESO, ZINC y BORO no tienen los mismos contenidos foliares promedios en muestras tratadas y - en muestras testigos (Tabla LIII); hemos de pensar, por tanto, que se -- ven afectados por el tratamiento. AZUFRE, HIERRO y COBRE no presentan valores significativos ni para el efecto del tratamiento ni para la interacción de éste con la recogida, de lo que se deduce que podemos considerar los inalterados por el tratamiento.

De los ocho elementos que consideramos afectados, únicamente el MAGNESIO es el que se encuentra disminuido respecto a los testigos, debido, exclusivamente, a la disminución sufrida en el muestreo realizado el 3/6, a las tres semanas de haber efectuado el tratamiento (Gráfica 42). El estudio de las tendencias (Tabla LIV) indica que, tanto en un caso como en otro, la evolución queda ajustada por ecuaciones lineales de pendientes positivas -se va incrementando el contenido foliar con el tiempo- pero dicho ajuste es mejorado por ecuaciones de tipo cuadrático. Los valores obtenidos en la descomposición de la interacción, que recogemos en la Tabla LV, muestran que las pendientes de esas ecuaciones lineales no son iguales y que, aunque el punto de curvatura del mejoramiento cuadrático se produce en la misma fecha para las dos clases de hojas, dicha -- curvatura, muestra un matiz cóncavo en testigos y convexo en tratadas.

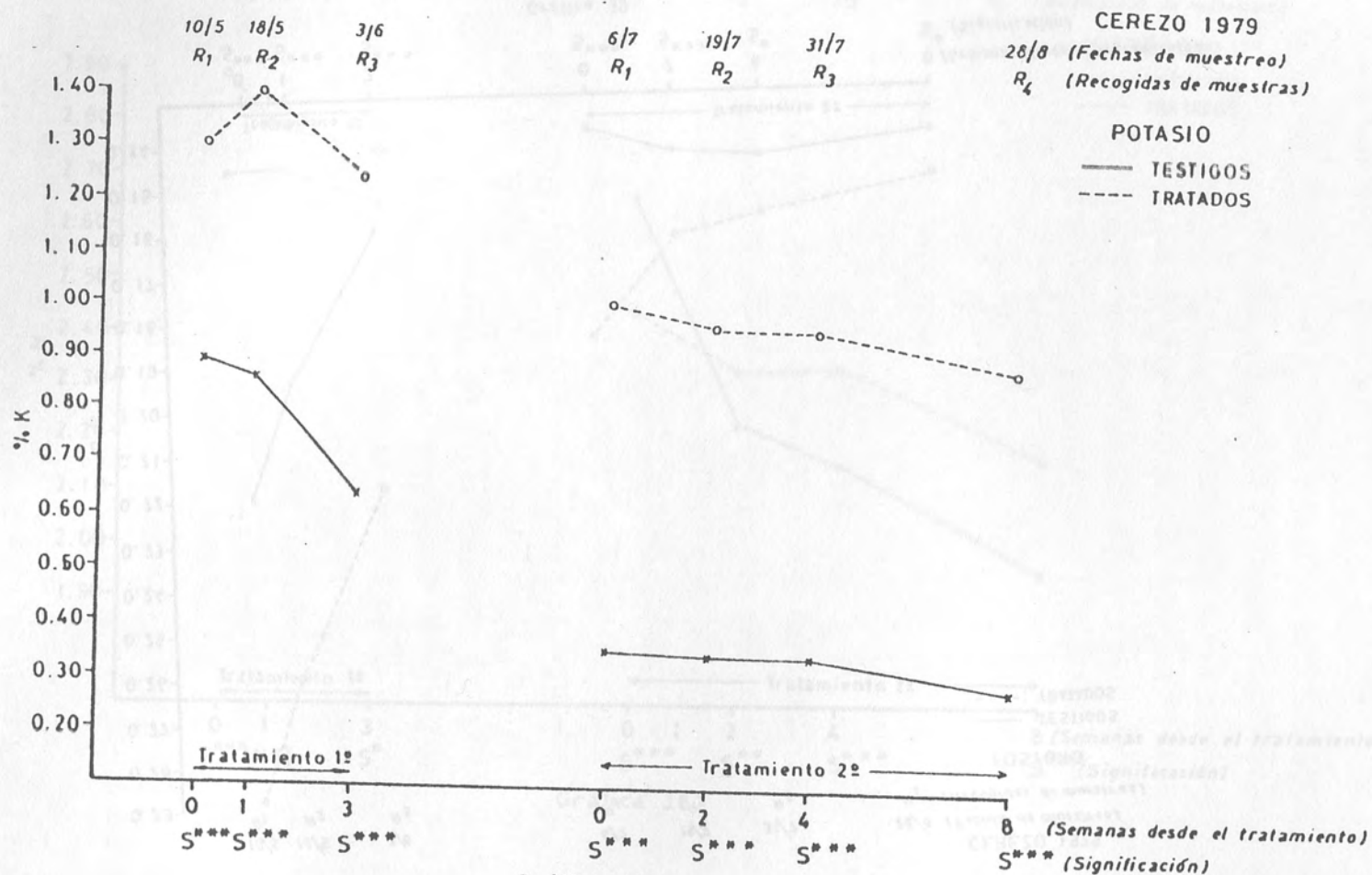
De los siete elementos restantes que exhiben mayores valores en muestras tratadas el NITROGENO es el único que no posee efecto significativa

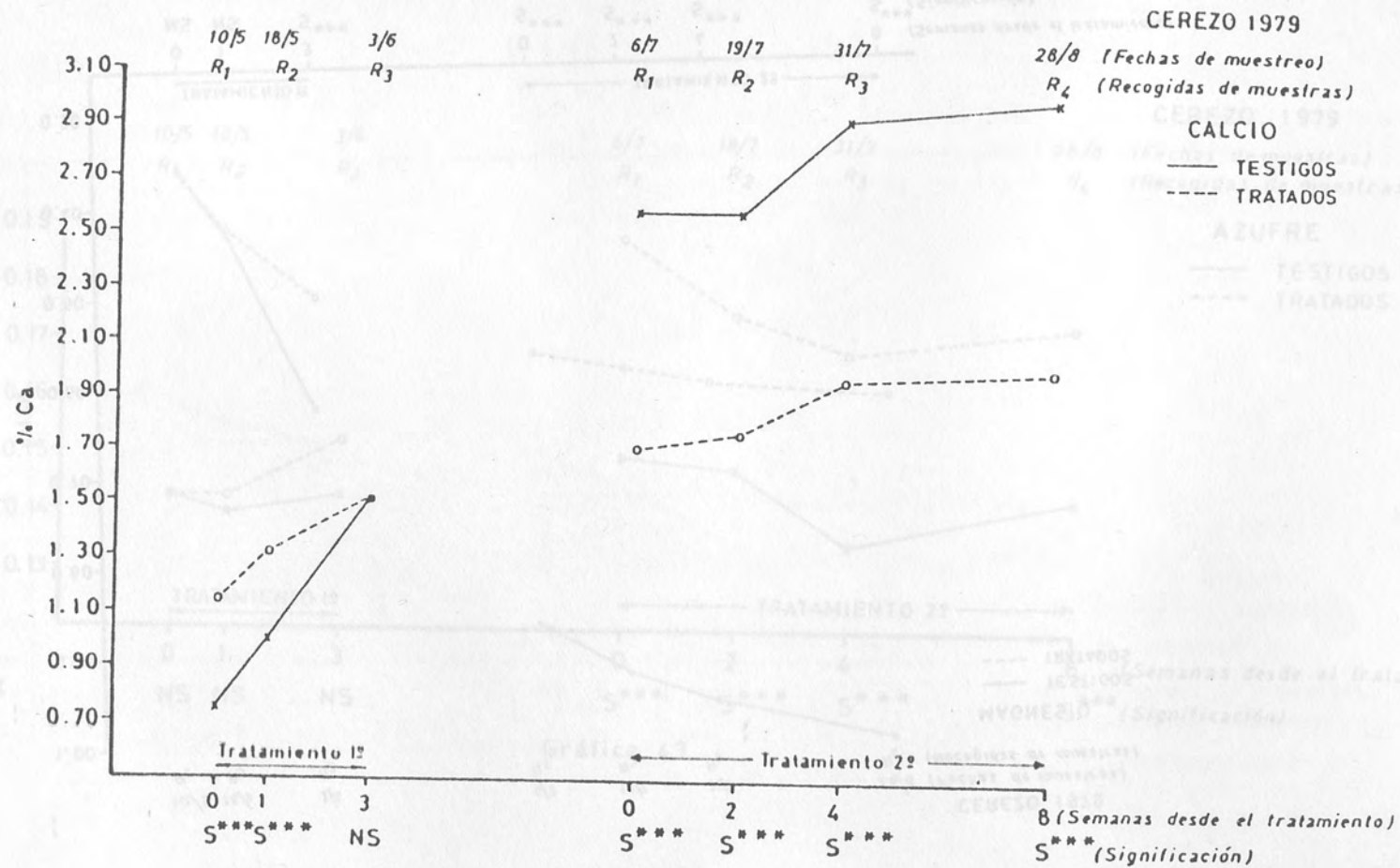


Gráfica 38

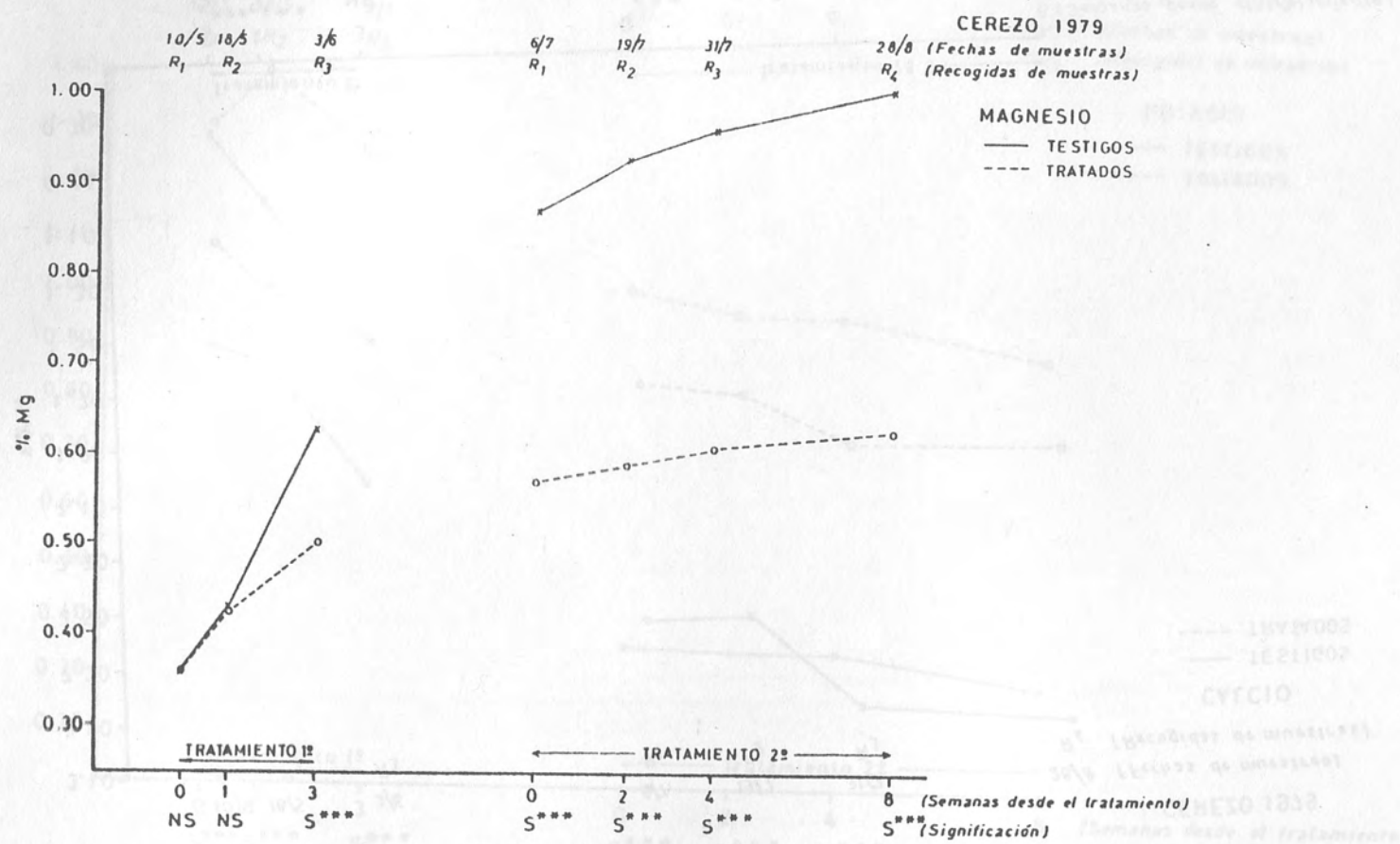


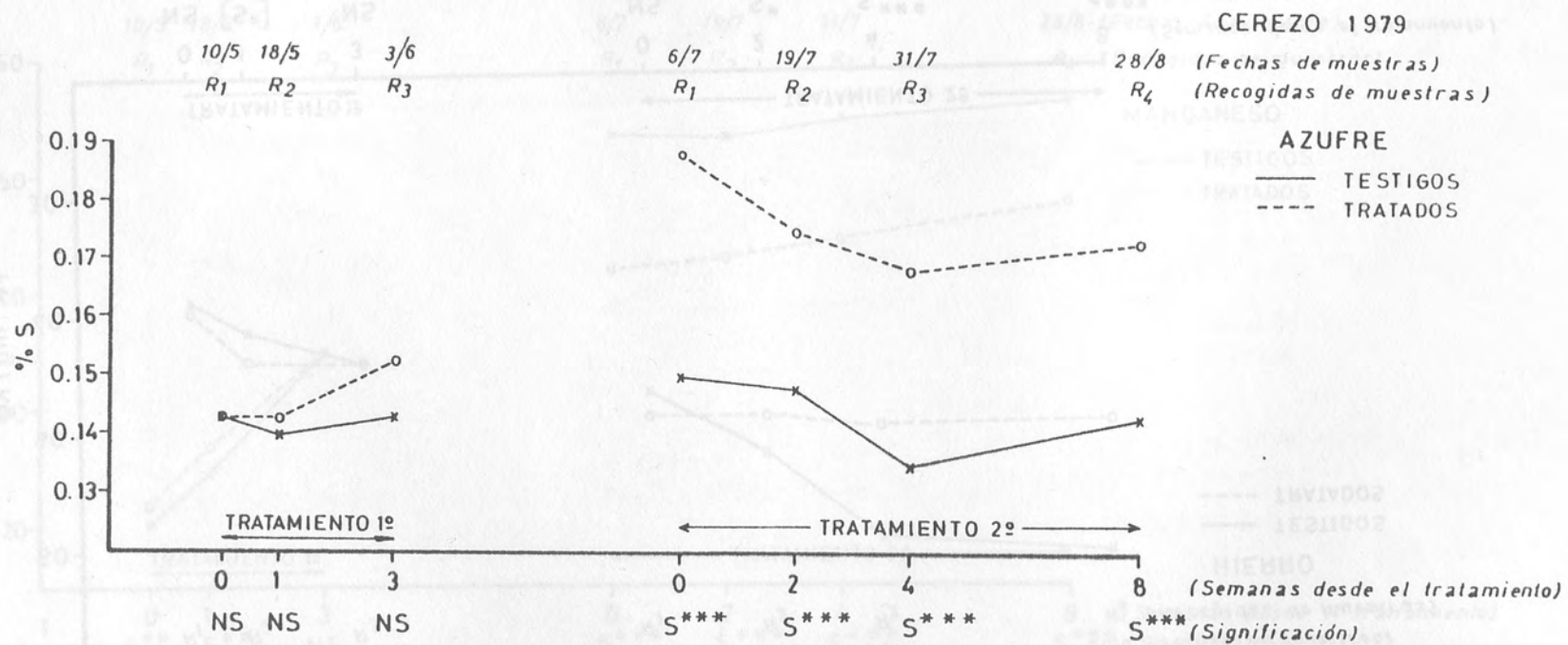
Gráfica 39



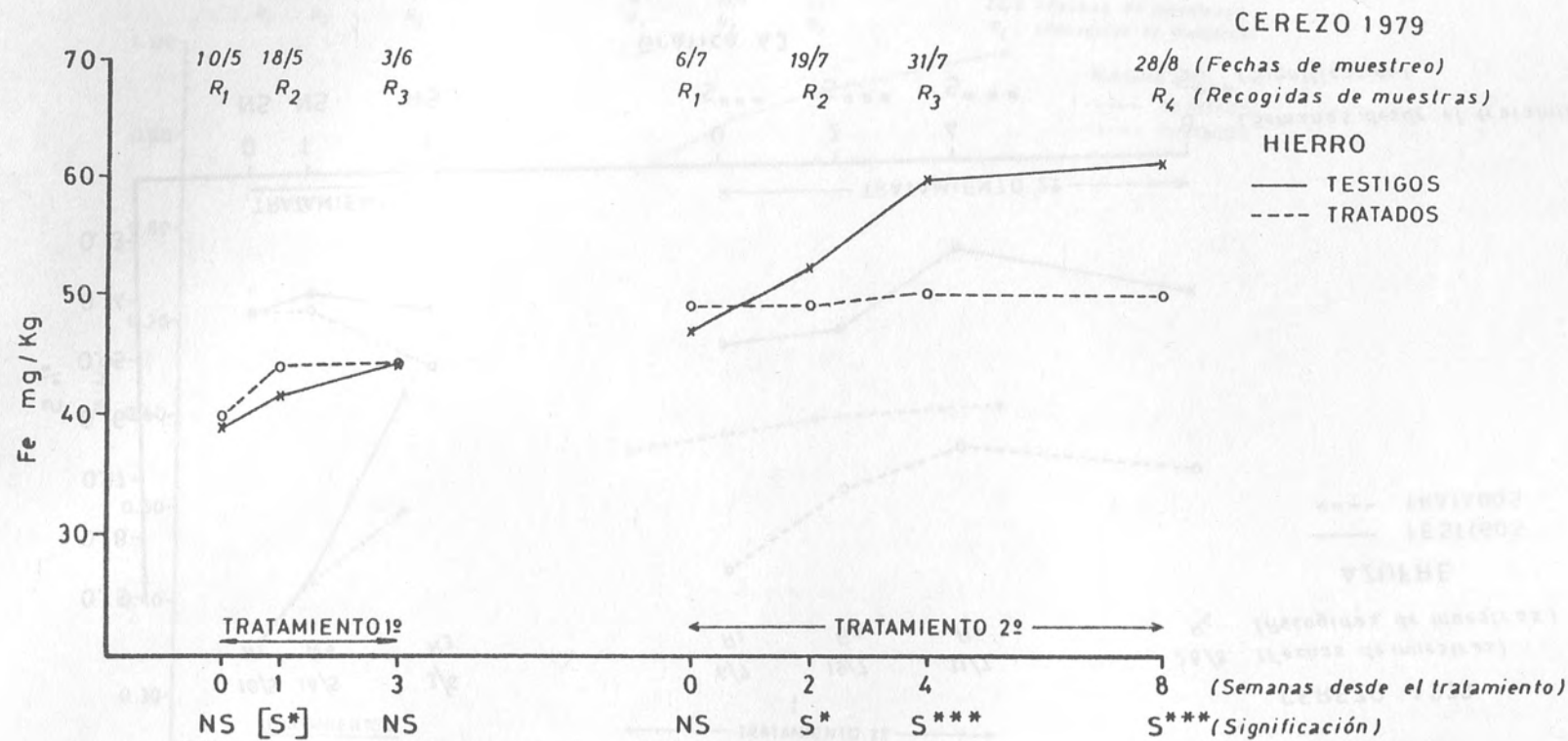


Gráfica 41

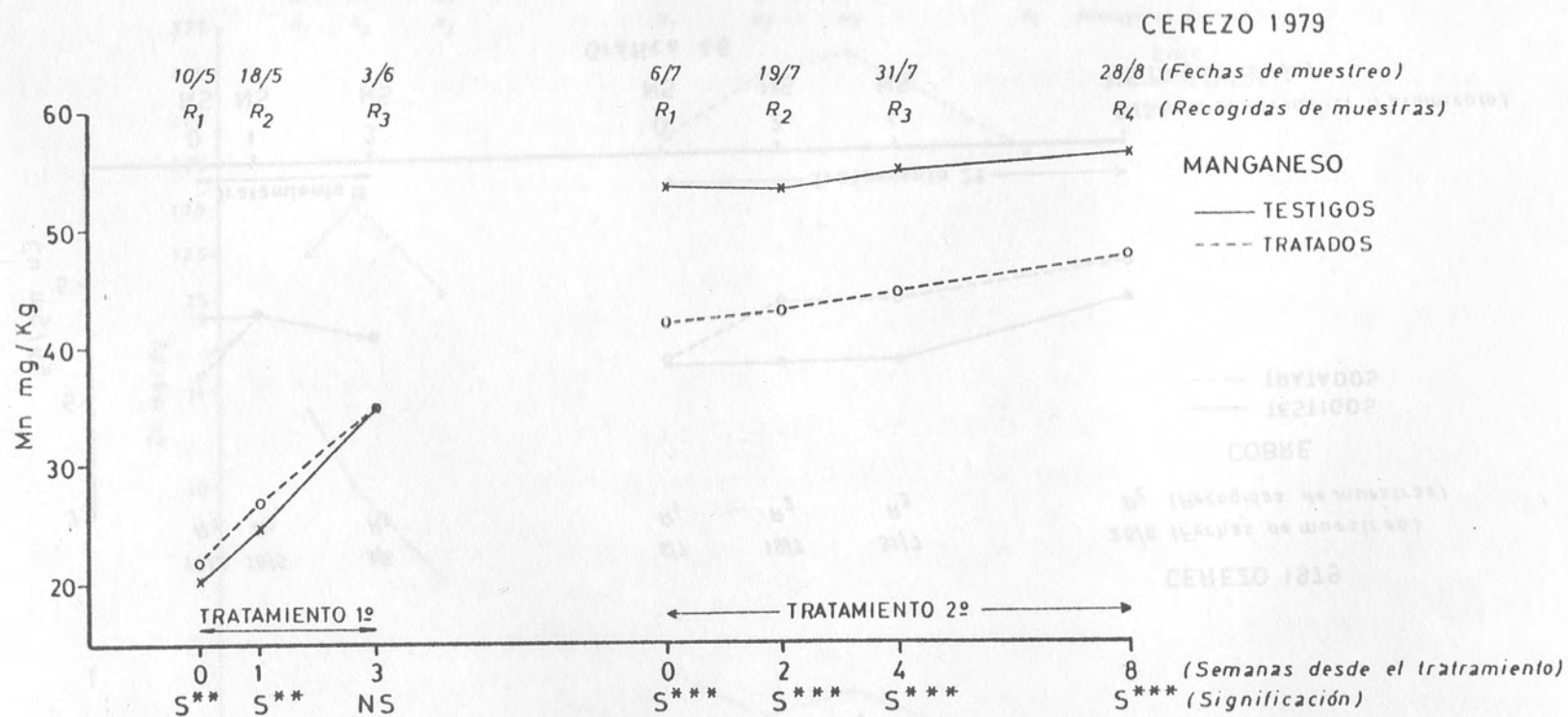




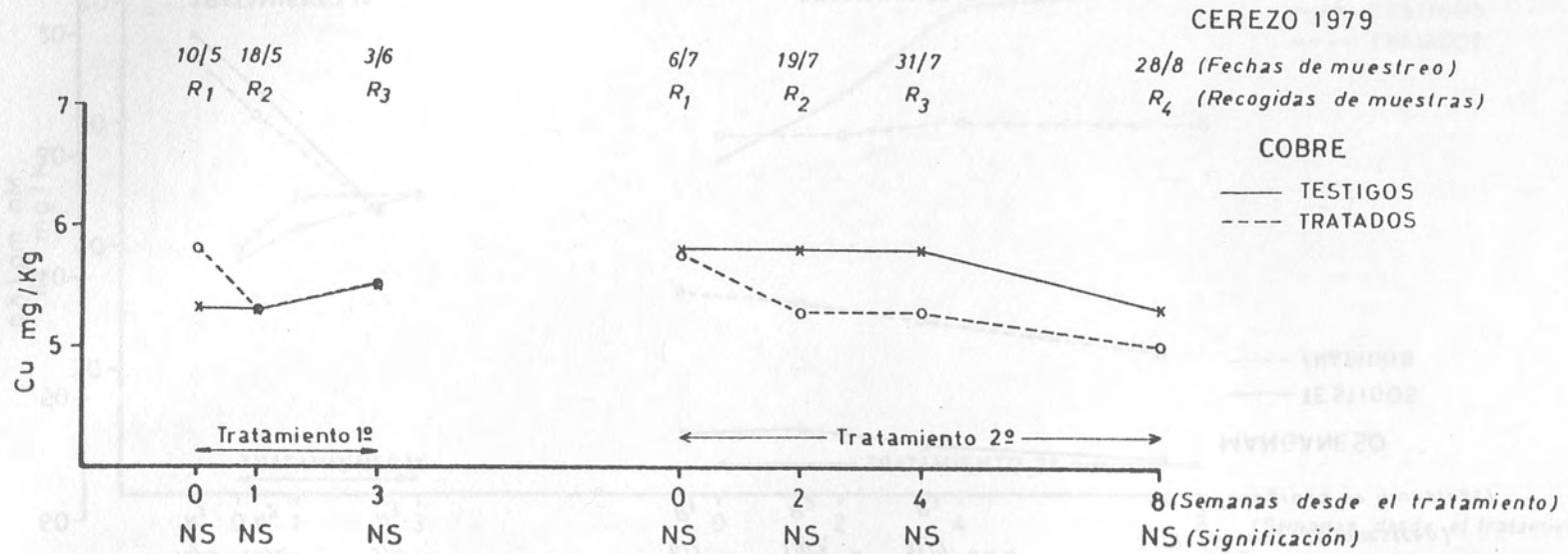
Gráfica 43

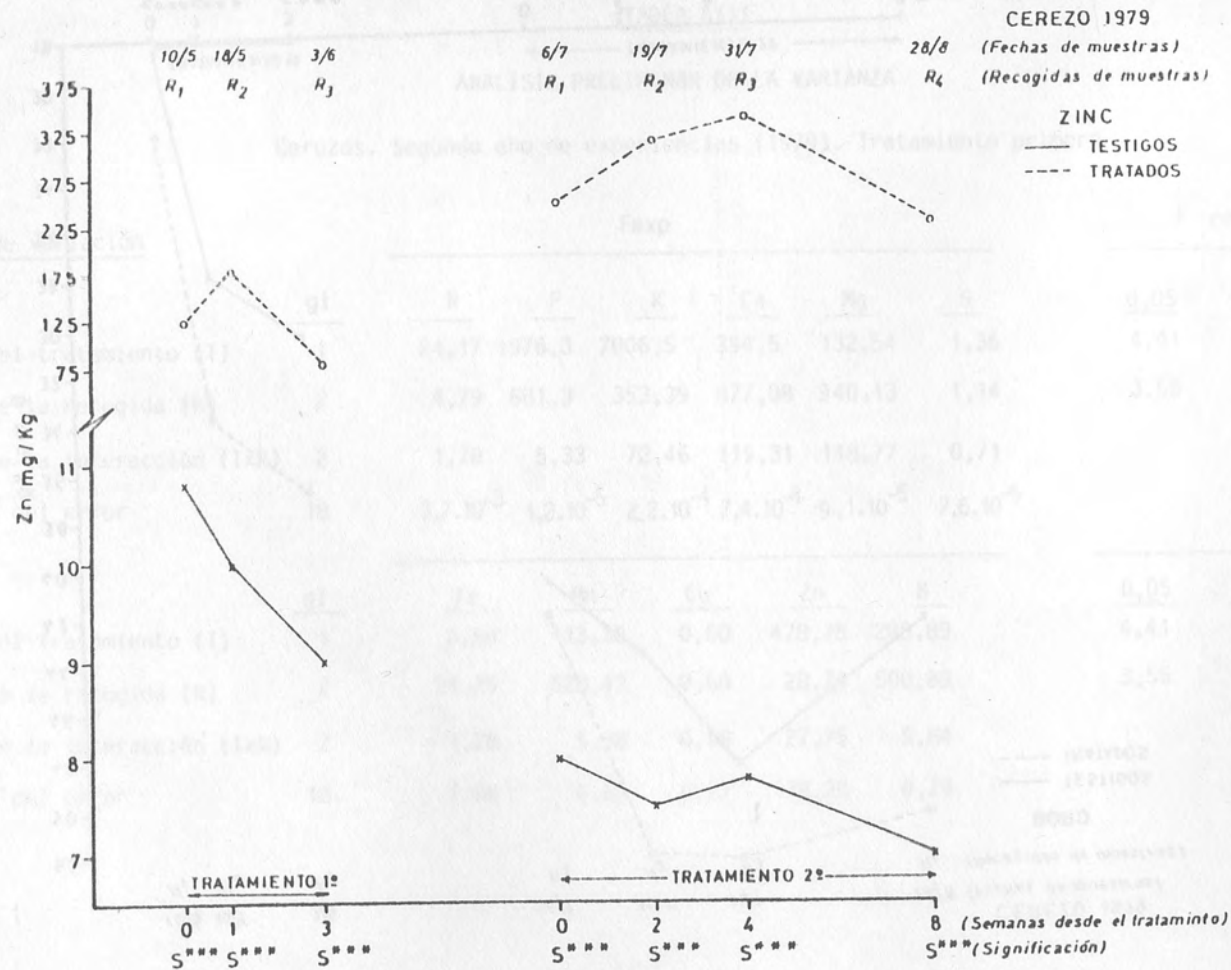


Gráfica 44



Gráfica 45





Gráfica 47

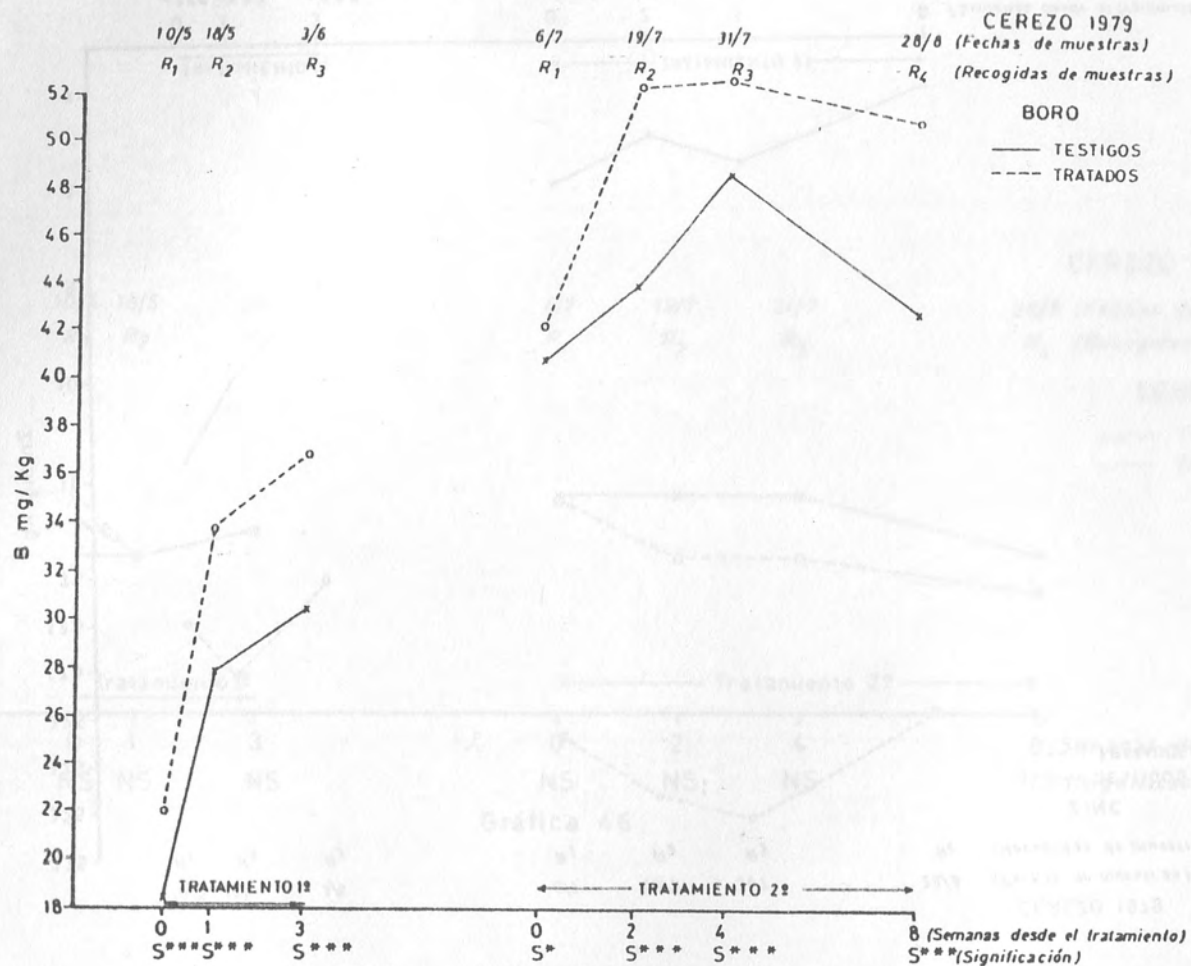


TABLA LIII

ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Cerezos. Segundo año de experiencias (1979). Tratamiento primero

Fuentes de variación	gl	Fexp						F requerida		
		N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento (T)	1	24,17	1976,3	7006,5	394,5	132,54	1,36	4,41	8,28	15,38
Efecto de la recogida (R)	2	4,79	681,3	353,39	877,08	940,13	1,14	3,55	6,01	10,39
Efecto de la interacción (TxR)	2	1,70	5,33	72,46	119,31	118,77	0,71			
Varianza del error	18	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-4}$	$7,4 \cdot 10^{-4}$	$9,1 \cdot 10^{-5}$	$7,6 \cdot 10^{-5}$			

Fuentes de variación	gl	Fe	Mn	Cu	Zn	B	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento (T)	1	2,88	13,36	0,60	478,78	208,89	4,41	8,28	15,38
Efecto de la recogida (R)	2	24,25	628,43	0,60	28,74	500,89	3,55	6,01	10,39
Efecto de la interacción (TxR)	2	1,26	5,38	0,59	27,75	5,84			
Varianza del error	18	2,08	0,61	0,27	178,20	0,79			

TABLA LIV

DINAMICA FOLIAR. Cerezos. Segundo año de experiencias (1979). Tratamiento primero

Fuentes de variación	gl	Fexp.						F requerida		
		H	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,001
Muestras testigo	2									
Tendencia lineal	1	1,87	589,3	600,7	1638	1695,6	0,007	4,41	8,29	15,38
Tendencia cuadrática	1	0,51	2,1	30,3	1,37	8,59	0,21			
Tendencia cúbica										
Muestras tratadas	2									
Tendencia lineal	1	8,78	825,4	76,88	348	405,84	3,11			
Tendencia cuadrática	1	1,81	3,52	143,7	5,27	7,79	0,37			

	gl	Fexp.					F requerida		
		Fe	Mn	Cu	Zn	B	0,05	0,01	0,001
Muestras testigo	2								
Tendencia lineal	1	25,24	725,93	0,19	8,67	309,84	4,41	8,28	15,38
Tendencia cuadrática	1	7,23	1,43	1,60	0,85	89,52			
Tendencia cúbica					(Ve=0,08)				
Muestras tratadas	2								
Tendencia lineal	1	15,22	537,90	0,53	19,71	462,43			
Tendencia cuadrática	1	9,33	2,36	0,06	36,72	151,66			
					(Ve=356)				

		F requerida Zn		
		0,05	0,01	0,001
		5,12	10,56	22,86

TABLA LV

Descomposición de la Interacción

Cerezos. Segundo año de experiencias (1979). Tratamiento primero

Fuente de variación	gl	Fexp						F requerida		
		N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,01
Interacción (TxR)	2									
Efecto lineal	1	---	9,52	123,90	237,9	80,60	---	4,41	8,28	15,38
Efecto cuadrático	1	---	1,14	21,01	0,63	16,40	---			

Fuente de variación	gl	F exp.					F requerida		
		Fe	Mn	Cu	Zn	B	0,05	0,01	0,01
Interacción (TxR)	2								
Efecto lineal	1	---	7,03	---	18,62	7,61	4,41	8,28	15,38
Efecto cuadrático	1	---	3,74	---	36,88	4,07			

tivo para la interacción. En la Gráfica 38 se han anotado -como en todas las representaciones gráficas- las significaciones estadísticas individualizadas a cada una de las fechas de muestreo, pudiéndose observar que el valor hallado para $F_{exp.}$ en la segunda recogida no es significativo, pero que no dista mucho del valor requerido para ello. Para la tercera -recogida sí existe una clara diferenciación estadística, por lo que se -- puede decir que el incremento experimentado por el N en las muestras tratadas se mantiene a lo largo del tiempo estudiado.

Aunque en la tabla LIV se puede apreciar que mientras que las -muestras testigo no poseen una tendencia definida, las muestras tratadas son ajustadas por una línea recta; sin embargo, la comparación entre la evolución de ambas muestras no debe presentar una acusada divergencia ya que -para estos niveles de probabilidad- ni la interacción de los efectos principales, ni la descomposición de la misma, indicaron diferencias significativas.

Los restantes seis elementos que se ven alterados: P, K, Ca, Mn, Zn y B presentan interacción positiva, lo que, como ya sabemos, indica -que su evolución foliar está condicionada por el tratamiento. Ninguno de estos elementos ve alterada su tendencia evolutiva natural, aunque sí la forma en que esta transcurre, que queda ajustada por ecuaciones lineales y/o cuadráticas (Tabla LIV) cuyas diferencias se concretan en la Tabla LV.

El AZUFRE es uno de los tres elementos para los que ni el efecto del tratamiento ni la interacción de éste con la recogida tienen carácter significativo, siendo la única ocasión en que no resulta positivo el efecto del tratamiento para este elemento, que, por otra parte, siempre es parte componente de la materia activa de alguno de los productos plaguicidas utilizados. En la Gráfica 43 podemos ver que, aunque ninguna de las comparaciones realizadas entre las distintas fechas de muestreo -llega a poseer significación estadística, las muestras tratadas evolucionan hacia contenidos superiores y cada vez más distantes. En el caso de

los ciruelos, visto anteriormente, también observamos una cierta analogía, pero con matices diferentes. Allí (Gráfica 32) el primer muestreo - tampoco arrojó diferencias significativas, aunque se obtuvieron en los dos siguientes y, al igual que ahora, esa diferencia iba en aumento. Aunque más adelante discutiremos esto, se puede pensar en la posibilidad de una absorción más retardada. En cuanto a la evolución del elemento, - se puede comprobar en la Tabla LIV que para este corto periodo de tiempo, de tres semanas, no se obtiene tendencia definida en ninguno de los dos tipos de muestras.

El HIERRO presenta en la comparación individualizada para la segunda recogida una $F_{exp.}$ prácticamente coincidente con la $F_{req.}$ (Gráfica 44), pero la ausencia de interacción pone en evidencia que esta diferencia, si es real, carece de peso. Ambas evoluciones son ajustadas por --- ecuaciones lineales y mejoradas por curvas cuadráticas (Tabla LIV); ningún tipo de curva interacciona con su homóloga.

El COBRE, a nivel estadístico, tampoco presenta matiz diferenciador alguno. Su evolución queda recogida en la Gráfica 46. Al igual -- que el S, como se puede observar en la Tabla LIV, tampoco presenta tendencia definida.

Como resumen y, a la vista de los análisis estadísticos realizados, se puede concretar que:

- Las muestras tratadas presentan para los elementos N, P, K, - Ca, Mg, Mn, Zn y B concentraciones foliares estadísticamente diferentes a los de las muestras testigos. De ellas, y para el conjunto de datos, - N, P, K, Ca, Mn, Zn y B resultan estar incrementados y solamente el Mg - se muestra disminuido. Ca y Mn sólo presentan incrementados sus niveles en las dos primeras recogidas, reduciendo su contenido en el tercer muestreo hasta niveles análogos a los obtenidos para las muestras testigo.

- Bajo un punto de vista estadístico, se puede considerar que - los elementos S, Fe, y Cu poseen los mismos contenidos y evolucionan en

forma análoga en ambos tipos de muestras.

- De todos los elementos que suponemos afectados por el tratamiento ninguno ve alterada su evolución natural cualitativa y todos, a excepción del N, S, Fe y Cu ven alterada su evolución cuantitativamente.

6.1.4.- Cerezos. Tratamiento segundo: "Dimetoato 40" (dimetoato, 1553), "Pomarsol-Z forte" (ziram, 3225).

Las Gráficas donde se representan los datos analíticos obtenidos a lo largo de esta experiencia son, al igual que antes, las comprendidas desde la 38 a la 48. Las tablas que resumen el análisis estadístico realizado son las LVI, LVII y LVIII.

En esta ocasión a juzgar por los resultados recopilados en la Tabla LVI todos los elementos estudiados presentan significativo el --- efecto del tratamiento, si bien el valor obtenido para el COBRE rebasa por muy poco la F requerida y aunque ello es totalmente válido para hacer aquella afirmación, sin embargo, en el estudio realizado sobre los muestreos individualizados, ninguna de las comparaciones resulta significativa (Gráfica 46), por lo que no se puede asegurar que este elemento esté realmente afectado por el tratamiento. La Tabla LVII evidencia claramente la falta de tendencia a lo largo del tiempo.

Respecto a los otros diez elementos, los efectos promedios observados muestran que NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, AZUFRE, ZINC y BORO se encuentran incrementados respecto a testigos y en cambio, CALCIO, -- MAGNESIO, HIERRO y MANGANESO están disminuidos. Se observan, por tanto, aspectos marcadamente diferentes a los encontrados en el tratamiento anterior.

Dentro del primer grupo, el NITROGENO (Gráfica 38) parece tener un comportamiento especial. A simple vista, los valores obtenidos -- pueden sugerir que el efecto inicial del tratamiento es disminuir la --

TABLA LVI

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Cerezos. Segundo año de experiencias (1979). Tratamiento segundo

Fuentes de variación	gl	Fexp						F requerida		
		N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento (T)	1	20,87	138,8	13677,0	4907,0	7193,0	114,3	4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida (R)	3	180,37	12,28	93,66	233,7	132,8	6,26	3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción (TxR)	3	44,08	20,2	14,92	6,18	28,09	0,93			
Varianza del error	24	$1,7 \cdot 10^{-3}$	$2,9 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-4}$	$6,5 \cdot 10^{-5}$			
	gl	Fe	Mn	Cu	Zn	B		0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento (T)	1	98,29	556,5	4,30	1321,0	465,9		4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida (R)	3	43,47	22,81	1,63	5,60	229,8		3,05	4,72	7,55
Efecto de la interacción (TxR)	3	30,90	4,10	0,18	5,75	43,6				
Varianza del error	24	2,4	1,43	0,22	550,9	0,53				

TABLA LVII

DINAMICA FOLIAR. Cerezos. Segundo año de experiencias (1979). Tratamiento segundo

Fuentes de variación	gl	F exp.						F requerida		
		<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
<u>Muestras testigo</u>	3									
Tendencia lineal	1	495,95	0,22	60,11	368,7	414,02	3,96	4,24	7,77	14,03
Tendencia cuadrática	1	69,5	4,05	6,91	7,64	5,30	5,46			
Tendencia cúbica	1	25,5	0,007	2,46	79,58	3,30	2,52			
<u>Muestras tratadas</u>	3									
Tendencia lineal	1	76,70	74,08	233,7	241,7	56,8	6,01			
Tendencia cuadrática	1	0,08	16,2	6,50	5,33	3,29	7,21			
Tendencia cúbica	1	5,41	3,11	16,0	16,5	0,06	0,01			

	gl	F exp.					F requerida		
		<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
<u>Muestras testigo</u>	3								
Tendencia lineal	1	186,27	17,00	2,52	11,79	14,20	4,24	7,77	14,03
Tendencia cuadrática	1	28,90	0,59	0,70	0,17	219,4			
Tendencia cúbica	1	6,19	4,13	0,04	3,06 (Ve=0,14)	27,37			
<u>Muestras tratadas</u>	3								
Tendencia lineal	1	1,07	52,2	1,99	8,98	184,05			
Tendencia cuadrática	1	0,38	0,40	0,02	7,92	322,7			
Tendencia cúbica	1	0,30	0,04	0,15	0,17 (Ve=1101)	52,71			

F requerida Zn		
<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
4,75	9,33	18,64

TABLA LVIII
Descomposición de la Interacción
Cerezos.Segundo año de experiencias (1979).Segundo tratamiento

Fuente de variación	gl	F exp						F requerida		
		N	P	K	Ca	Mg	S	0,05	0,01	0,01
Interacción (TxR)	3									
Efecto lineal	1	91,28	41,19	28,38	6,68	82,03	---	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	37,24	18,25	13,41	0,10	0,11	---			
Efecto cúbico	1	3,71	1,40	2,96	11,7	2,13	---			

	gl	F exp					F requerida		
		Fe	Mn	Cu	Zn	B	0,05	0,01	0,01
Interacción (TxR)	3								
Efecto lineal	1	79,54	4,80	---	9,16	48,00	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	11,29	0,009	---	7,89	4,96			
Efecto cúbico	1	1,87	2,13	---	0,19	78,03			

concentración foliar de este elemento para, inmediatamente después, antes de transcurridas dos semanas, producir el efecto opuesto y mantenerse de esta forma durante el resto de la experiencia. Hay, por tanto, una inversión relativa, en cuanto a contenidos, entre ambos tipos de muestras, que recoge perfectamente el alto valor hallado para la interacción de los efectos principales. La tendencia hacia una disminución de la concentración foliar se conserva, no obstante, durante todo el periodo experimental, en ambos tipos de muestras. Aunque la forma en que ésta se produce es -como indica la interacción y se particulariza en la Tablas LVII y LVIII- bastante diferente.

Sin embargo, no podemos afirmar que sea rotundamente cierto el efecto de alternancia observado, ya que las cinco semanas transcurridas desde el último muestreo del tratamiento anterior y el primero de éste, es tiempo suficiente como para que se viese alterada la tendencia observada a lo largo del mes de mayo y el contenido de las muestras tratadas se hubiese hecho inferior al de las testigos, resultando de esta manera, que lo que realmente produciría este segundo tratamiento podría ser un incremento del nutriente.

En el caso del FOSFORO, aunque tenemos el mismo inconveniente de distanciamiento en la toma de muestra entre el primero y el segundo tratamiento, parece mostrarse, de una forma más clara (Gráfica 39), que este nutriente se incrementa a raíz del segundo tratamiento, incremento que va disminuyendo paulatinamente con el tiempo, respecto a testigos, aunque a partir de las dos semanas de realizada la aplicación pesticida esta disminución sea muy suave. Este comportamiento que acabamos de citar para las muestras procedentes de árboles tratados, se corrobora a nivel estadístico (Tabla LVII), pudiendo apreciar que la evolución es ajustada por una ecuación lineal que resulta mejorada por una cuadrática, debido a la curvatura que se produce como consecuencia de hacerse mucho más suave su descenso a partir de la segunda recogida. Sin embar-

go, el P correspondiente a muestras testigo no se ajusta a ninguna tendencia y, como no hay diferencias entre las recogidas inicial y final, queda alterada la secuencia evolutiva natural del elemento para el periodo de tiempo muestreado.

El POTASIO, ZINC, y BORO, presentan diferencias estadísticas para cada uno de los muestreos realizados y también, al igual que los dos elementos anteriores, significativo el efecto de la interacción. La Tabla LVII recoge las características diferenciadoras en la evolución de estos elementos al comparar las muestras testigo y las tratadas. Con esos datos y con las Gráficas 40, 47 y 48 se puede afirmar que las tendencias naturales no son alteradas en su calidad, pero sí en su cantidad, estando condicionada, por tanto, esta evolución por el tratamiento.

El AZUFRE es el único elemento que estando incrementado en muestras tratadas, no posee interacción significativa (Tabla LVI). Las comparaciones realizadas para cada una de las fechas de muestreo son siempre significativas y, además, las diferencias en contenido, al contrario de lo ocurrido en el tratamiento anterior (Gráfica 43), se mantienen bastante próximas a lo largo del tiempo, lo que está de acuerdo con la no significación de la interacción.

Debido al tiempo intertratamientos transcurrido no podemos precisar si han cambiado algunas características del árbol (absorción foliar, utilización metabólica, etc.) ó lo único que ha ocurrido ha sido una exaltación en la concentración foliar de este elemento, cuyo aumento ya había sido configurado en ese periodo de tiempo -para nosotros, - tiempo muerto- transcurrido entre tratamientos. El estudio matemático sobre tendencias (Tabla LVII) señala que la única componente con carácter significativo para muestras testigo es la cuadrática. La interacción (Tabla LVI) no es significativa y debemos de admitir, por tanto, que las diferencias encontradas para el efecto lineal, no tienen realmente un peso estadístico importante, teniendo en cuenta, una vez más que

estamos tratando con niveles de probabilidad y nunca con certezas absolutas.

Dentro del grupo de elementos caracterizados porque su concentración foliar se encuentra disminuida por acción del tratamiento pesticida, encontramos un comportamiento similar para CALCIO y MAGNESIO. Las Gráficas 41 y 42 muestran la evolución de dichos nutrientes. Las comparaciones realizadas para cada fecha de muestreo son siempre altamente significativas para ambos elementos. Las disminuciones experimentadas por las muestras tratadas se sitúan siempre, como mínimo, en el 35% de la concentración obtenida para los testigos. La tendencia natural hacia la acumulación en hoja de estos dos nutrientes se mantiene también en los árboles tratados, pero en ellos se realiza de una forma más lenta, tal y como se puede observar en las gráficas citadas y en los valores obtenidos para las $F_{exp.}$ en los componentes lineales de la Tabla LVII, así como la significación de la componente lineal de la descomposición de la interacción (Tabla LVIII).

A juzgar por el comportamiento mostrado en el tratamiento anterior, HIERRO y MANGANESO parecen estar afectados después de esta segunda aplicación de plaguicidas, aunque no de idéntica forma. El MANGANESO no posee efecto significativo para la interacción (Tabla LVI) pero está próximo al valor requerido, mientras que este es bastante notable en el caso del HIERRO. El Mn mantiene altamente significativo todas las comparaciones realizadas entre fechas de muestreos (Gráfica 45). Dentro de un marcado paralelismo, las diferencias de contenido entre ambas muestras van disminuyendo -aunque muy suavemente- con el tiempo y ello hace que la componente lineal de la interacción (Tabla LVIII) sea significativa. Parece, por tanto, que la disminución sufrida por este elemento tienda a ir mermando a lo largo del tiempo, pero en tan poca cuantía -- que aún persiste, en gran escala, a las ocho semanas de realizado el -- tratamiento. Sin embargo, lo hace en grado suficiente como para mediatizar cuantitativamente su tendencia fisiológica natural.

El HIERRO no parece verse afectado inmediatamente de realizada la aplicación plaguicida (Gráfica 44), ya que para el primer muestreo, realizado 48 horas después de aplicar los productos, no se aprecián diferencias significativas. Sin embargo, en los tres muestreos realizados con posterioridad se ha producido un descenso respecto a los testigos y las diferencias en contenido se incrementan a lo largo del tiempo. Este comportamiento evidencia muy claramente la interacción. Mientras que -- los diversos contenidos hallados en muestras testigos se ajustan a una ecuación lineal de pendiente positiva y, debido a los valores prácticamente iguales encontrados en la tercera y en la cuarta recogida, se produce una mejora cuadrática (Tabla LVII), los resultados analíticos correspondientes no se distribuyen en el tiempo con tendencia alguna determinada; ello hace que el tratamiento cambie la evolución temporal natural de este elemento, manteniendo constante su concentración foliar a lo largo de las ocho semanas que duró este estudio e impidiendo, por -- tanto, su acumulación en la hoja, ya sea por impedimento de translocación hacia ella o por aumento de la movilidad y recirculación, hecho poco probable dadas las características del elemento.

Como resumen de los efectos observados con posterioridad a la aplicación de este tratamiento podemos concluir que:

- Respecto a los testigos, se encuentran incrementados -como - efecto promedio a lo largo de todo el periodo estudiado- los elementos NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, AZUFRE, ZINC y BORO. Respecto al primero - de éstos es difícil concretar si este es un efecto unitario o por el -- contrario, se produce inicialmente un descenso que es seguido por el -- efecto opuesto.

- Los nutrientes CALCIO, MAGNESIO, HIERRO y MANGANESO tienen - disminuidas sus concentraciones foliares. Estos efectos perduran e incluso aumentan para los tres primeros elementos a lo largo de la experiencia.

TABLA LIX

Resumen de los efectos observados en las concentraciones foliares de nutrientes y en la dinámica de los mismos en ambos cultivos, tras la aplicación del primer tratamiento del segundo año de experiencias. (1979).

-----CEREZOS-----							-----CIRUELOS-----						
	Ef.global observado	Ef. individuali. por recogidas				Modificación ten- dencia fisiológica.	Ef.global observado	Ef. individuali. por recogidas.				Modificación ten- dencia fisiológica.	
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄			R ₁	R ₂	R ₃	R ₄		
Nitrógeno	+	+	+	0		No Si	+	+	(+)	+		No	No
Fósforo	+	+	+	0		No Si	+	+	+	+		No	Si
Potasio	+	+	+	+		No Si	+	+	+	+		No	Si
Calcio	-	0	0	-		No Si	+	+	+	0		No	Si
Magnesio	-	0	0	-		No Si	-	0	0	-		No	Si
Azufre	+	(0)	+	+		No No	0	0	0	0		No	No
Hierro	0	(-)	0	0		No No	0	0	(+)	0		No	No
Manganeso	-	0	-	-		No No	+	+	+	0		No	Si
Cobre	0	0	0	0		No No	0	0	0	0		No	No
Zinc	+	+	+	+		Si Si	+	+	+	+		No	Si
Boro	+	+	+	+		No No	+	+	+	+		No	Si

- = concentración estadísticamente inferior al testigo

+

- No se puede establecer con seguridad lo que sucede con el COBRE, aunque existe una cierta evidencia de disminución.

- FOSFORO e HIERRO tienen alterada claramente la tendencia evolutiva fisiológica natural, en el periodo de tiempo estudiado. El resto de los elementos, a excepción del COBRE y, probablemente, el AZUFRE sólo muestran alteraciones de tipo cuantitativo aunque, en algunos casos, de índole muy marcada.

6.2.- Discusión de los efectos observados en el primer tratamiento del segundo año de experiencias a tenor de la composición de los productos utilizados y de los antecedentes bibliográficos.

Al igual que hemos hecho para los dos tratamientos realizados en el año anterior, la Tabla LIX muestra un resumen de los efectos del tratamiento para cada uno de los once elementos estudiados, en base a los siguientes aspectos: a) efecto global del tratamiento en el conjunto del tiempo estudiado, ~~promenorizado~~ promenorizado para cada muestreo y, b) acerca de la repercusión que el citado tratamiento ejerce sobre la dinámica foliar del elemento en cuestión. Todo ello referido, por separado, a los dos frutales estudiados: ciruelos y cerezos.

Se puede apreciar que ambos frutales responden, de forma global, en manera análoga para los elementos NITROGENO, FOSFORO, POTASIO, MAGNESIO, HIERRO, COBRE, ZINC y BORO, si bien la intensidad y sobre todo- la duración de la misma, no es coincidente en determinados casos como ocurre para N y P. Existe disparidad de comportamiento para los elementos CALCIO, AZUFRE y MANGANESO. Sin embargo, es fácil ver que esta discordancia, en lo que se refiere a los dos elementos citados en pri--mer lugar, tiene un cierto carácter ficticio. Efectivamente, el comportamiento que el tratamiento parece imprimir en esos dos nutrientes es semeejante en ambos cultivos, ya que el S tiende a ir aumentando, distanciándose de los testigos a lo largo del tiempo (Gráficas 32 y 43) y, --

TABLA LX

Resultados analíticos de los plaguicidas utilizados en el primer tratamiento del segundo año de experiencias.
(1979)

Elemento analizado	"Croneton 50 LE"(Etiofencarb,1623)			"Irokar"(dinocap,,2912)			"Pomasol Z forte"(Ziram,3225)			Tot. mg/arb.	
	mg/g pr. comercial	mg/arb. cerezo	mg/arb. ciruelo	mg/g pr. comercial	mg/arb. cerezo	mg/arb. ciruelo	mg/g pr. comercial	mg/arb. cerezo	mg/arb. ciruelo	Cer.	Cir.
N	19,6	196	274,4	17,65	176,5	277,1	78,80	1576,0	2206,5	1948,5	2727,5
P	0	0	0	0,90	9,0	12,6	1,40	28,0	39,2	37,0	51,8
K	0	0	0	2,18	21,8	30,5	0,40	8,0	11,2	29,8	41,7
Ca	1,62	16,2	22,7	1,20	12,0	16,8	0,76	15,2	21,3	43,4	60,8
Mg	0,06	0,6	0,8	0,12	1,20	1,68	0,15	3	4,2	4,8	6,7
S	5,60	56	78,4	0,06	0,6	0,8	286	5720,0	8008,0	5776,6	8087,2
Fe	0,03	0,3	0,42	4,30	43,0	60,2	0,03	0,6	0,84	43,6	61,4
Mn	0	0	0	0,04	0,40	0,56	0,01	0,2	0,28	0,6	0,84
Cu	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Zn	0,03	0,3	0,42	0,03	0,30	0,42	178,5	3570	4998	3570,6	4998,8
B	0	0	0	0,03	0,30	0,42	0,01	0,20	0,28	0,50	0,68

por el contrario, el Ca tiende a disminuir (Gráficas 30 y 41). Sin embargo, hay un hecho diferenciador claro en este último nutriente, pues su contenido aparece claramente aumentado en cerezos, durante las dos primeras recogidas, después de realizado el primer tratamiento. El MANGANESO, aunque dentro de unos límites bastante estrechos (Gráficas 34 y 45) parece comportarse en forma distinta, disminuyendo en ciruelos y aumentando en cerezos.

La Tabla LX recoge los resultados obtenidos en el análisis de los productos plaguicidas para cada uno de los elementos estudiados, y el total de mg. de elementos que han podido corresponder, aproximadamente, a cada árbol.

A la vista de estos datos destacan únicamente las cantidades correspondientes a los elementos N, S, Fe y, sobre todo, Zn. Está fuera de toda duda que los incrementos que experimentan ambos frutales en el contenido de este último elemento es debido fundamentalmente al aporte que supone el tratamiento con el pesticida "Pomarsol Z fuerte" (ziram, 3225). Como efecto inicial y promedio este incremento resulta darse de una forma más marcada en los cerezos.

El aporte de HIERRO aunque pequeño, podría ser interesante, dado el pequeño contenido foliar que poseen ambos frutales. No conocemos la forma en que se aporta este elemento, puesto que no forma parte de la molécula de la materia activa y, por tanto, acompaña a ésta como "soporte inerte" o como impureza. De cualquier manera, queda claro que no afecta estadísticamente la composición foliar ni de cerezos ni de ciruelos aunque en aquellos podría considerarse que ocasiona un pequeño incremento. (Gráfica 44).

El AZUFRE es aportado -como mínimo- en cantidades cercanas a los seis gramos de azufre elemental por cada cerezo y ocho gramos por cada ciruelo. Es factible pensar que estas cantidades, dándose un co-

recto proceso de absorción, podrían justificar los escasos aumentos de concentración observados, que, en el máximo, llegan a ser del orden del 0,1%. En este caso los cerezos experimentan un incremento más lento y - algo menor que los ciruelos, lo que podría ser debido a una peor o más lenta penetración del ziram (3225) en aquel cultivo.

El NITROGENO es el tercer nutriente en importancia clasificado por orden decreciente respecto a la cantidad aportada por el tratamiento. Las cantidades detectadas oscilan alrededor de 2 y 3 g por cada cerezo y ciruelo, respectivamente. Estas cuantías no parecen ser suficientes para justificar incrementos del 0,2 y 0,4%, respectivamente.

Ni el FOSFORO, ni ninguno de los restantes elementos estudiados son aportados en suficiente entidad como para poder justificar alguno de los incrementos observados.

Resulta, por tanto, que los únicos cambios que, de una forma directa, podrían justificar la composición de los productos añadidos a los árboles serían los de S y Zn. El resto de los importantes cambios nutricionales encontrados habría que imputarlos o bien a un cambio metabólico originado por la aplicación del conjunto de los productos aplicados o a una acción desencadenada por el aporte de estos nutrientes.

No parece evidenciarse muy claramente en esta ocasión, el distinto porte de cerezos y ciruelos ya comentados anteriormente. Es cierto que los cerezos -son los árboles de menor porte- dan resultados analíticos medios superiores, en Zn, a los ciruelos, así como un ligero aumento de Fe, pero también muestran, al mismo tiempo, un contenido inferior en S. Esto, como ya hemos dicho, podría estar ocasionado por una penetración más lenta del elemento -el producto y la época son distintos a los ensayados el año anterior, pues en el segundo tratamiento -aún persistía polvo mojado en las hojas de los árboles- se producen ya notables diferencias que, incluso, superan las observadas en ciruelos.

A continuación vamos a analizar las implicaciones que los productos utilizados pueden ejercer sobre el estado nutritivo de las plantas a la luz de los antecedentes bibliográficos encontrados.

El Etiofencarb (1623) utilizado en la forma comercial de "Cronetón 50 LE", es un insecticida carbámico de carácter sistémico con una acción muy buena sobre áfidos. Aspectos relacionados con su absorción, translocación, metabolismo -uno de sus principales metabolitos es un sulfóxido - y acumulación del mismo en las plantas ha sido tratado recientemente por TAKASE (1983). Otros aspectos relacionados con su poder sistémico han sido tratados, también recientemente, por NEUBAUER y col. -- (1983).

Sólo hemos encontrado dos citas que poseen alguna relación -- acerca de algún tipo de acción de este producto sobre el estado nutritivo de la planta. Por un lado, McLACHLAN y KOENIGKAMP (1978) realizaron estudios, a nivel de invernadero, acerca de la interacción de este insecticida con fertilización nitrogenada, en forma de sulfato amónico, - sobre plantas de trigo, comprobando que la aplicación de este fertilizante hace que las plantas sean más susceptibles a ser dañadas por el insecticida, de tal manera que las hojas presentaban daños sólo cuando se suministraban conjuntamente ambas sustancias. Estas experiencias parecen demostrar que este producto -que, según los resultados que presentamos en la Tabla LX, no puede ejercer una acción directa sobre ninguno de los elementos estudiados -interfiere en el metabolismo del N cuando éste se aplica en forma amoniacal (lo que podría tener alguna relación con la - acumulación del ión amonio). De otra parte, MATEEVA y col. (1978) han descrito que el "Chox 1901" (Etiofencarb, 1623) al 0,2% estimula la actividad catalasa y se muestra fluctuante respecto a la peroxidasa en - hojas de tabaco. Los autores piensan que estos cambios, junto a un pequeño incremento en los contenidos de clorofila a y b y de pigmentos carotenoides, están ocasionados por la eliminación de la infestación de áfidos. Sin embargo, también observan que las plantas tratadas con etiofen-

carb (1623) son proclives a sufrir reinfestaciones. De acuerdo con CHARRONUSSOU (1980), la incidencia de algunos pesticidas sobre el metabolismo del N, no permitiendo una proteosíntesis adecuada y aumentando, de esta forma, el contenido de N-soluble, es causa de determinadas reinfestaciones y podría ser un nexo de unión entre los dos últimos trabajos citados y un posible comportamiento del Etiofencarb, (1623). Si bien, como ya sabemos, la multiplicidad de nuestro tratamiento no nos permite imputar -- las observaciones a ninguno de los productos en particular.

Las acciones que hemos encontrado en la bibliografía respecto a la acción del dinocap (2912) sobre el estado nutricional de las plantas, ya las indicamos en el tratamiento anterior. Resaltamos los resultados obtenidos por BULINSKI y col. (1975) sobre los incrementos en N, K, y P registrados en guisantes después de la utilización de este producto, por concordar con lo que ahora también nosotros observamos en las parcelas tratadas. Asimismo, citar que HORICKOVA y col. (1975) indican que el dinocap (2912), cuando la temperatura se hace superior a los 30°C, sobre todo a altas concentraciones, produce quemaduras en plantas de cebada, - cosa que no ocurre a temperaturas inferiores; su aplicación también disminuye el contenido de clorofila, tanto en plantas infectadas como en -- las testigo.

El ziram (3225), que es el N,N-dimetilditiocarbamato de Zinc, es un fungicida de amplio espectro que se suele formular como polvo mojable. Los parámetros que POWELL y SHURTLEFF (1976) dan para este compuesto - se resumen en la Tabla LXI, con una puntuación que, como ya indicamos anteriormente va desde 0 hasta 3. Según estos datos, el ziram (3225) da -- origen a una elevada formación de residuos y carece por completo de valor sistémico.

PETROSINI (1962) indica, que, bajo las mismas condiciones, este producto se degrada en menor extensión que el zineb (3215), siendo, - por tanto, menos afectado por los efectos de la humedad. VILLA y col. --

(1976) aportan abundante bibliografía acerca del metabolismo de los alquilditiocarbamatos en plantas, los cuales terminan dando productos similares a los originados por etilenbisditiocarbamatos. Según estos autores, a raíz de experimentos llevados a cabo en invernadero sobre distintos cultivos, el lavado de las plantas inmediatamente después de tratadas con ziram (3225) elimina el 92% del producto; asimismo aseguran que a los treinta días del tratamiento desaparece todo vestigio del fungicida, aunque no estudiaron el aspecto referente a sus metabolitos.

TABLA LXI

<u>Formación de residuos</u>	<u>Acción por contacto</u>	<u>Acción terapéutica directa</u>	<u>Poder sistémico</u>	<u>Acción fungicida</u>	
3	0	0	0	0	
		<u>Acción fungistática</u>	<u>Fitotoxicidad</u>		
		0	0		

En cuanto a los efectos que pueda producir sobre los vegetales o sobre la cosecha hay opiniones contradictorias. MASON y col. (1972) consideran muy interesante el aporte de Zn que este fungicida conlleva, sobre todo en plantaciones de manzanos afectados por problemas de deficiencia en este nutriente. BURTH y RAMSON (1973) hallaron que la aplicación de ziram(3225) producía efectos beneficiosos en hojas de manzano, aumentando el peso fresco y el peso seco de las mismas. Sin embargo, REIS y FLOSS (1980) afirman que, mientras que algunos fungicidas ditiocarbámicos, como maneb (3212) y mancozeb (3211), resultaban claramente benefi-

ciosos para el crecimiento y desarrollo de plantas de trigo crecidas en soluciones nutritivas carentes de Zn, S y Mn, otros como zineb (3215) y ziram (3225) -aplicados por vía foliar- no producían efecto -- significativo alguno sobre la altura y el peso seco, que fueron los dos parámetros estudiados. Un aspecto negativo al tratamiento de melocotoneros con ziram (3225), ha sido descrito por GROSCLAUDE (1969), el cual -- observó que estos árboles cuando eran tratados a lo largo del periodo vegetativo con este fungicida, desarrollaban la llamada "necrosis invernal", lo que conllevaba modificaciones en los contenidos de N y azúcares. En esta misma óptica de alteraciones nutritivas están las comunicaciones de FULTS y col. (1951) y BLOUCH y col. (1952), quienes también -- encontraron que el "zerlate" ziram (3225) influía sobre el metabolismo del N de aquellas plantas que habían sido tratadas y, en particular, sobre el contenido de ácido glutámico. Sin embargo, PETERSON y SPOLITIS (1972) encontraron disminuidos el contenido foliar de NITROGENO en manzanos tratados con ziram (3225) al 4% durante el mes de septiembre. BASARGIN y col. (1971) observaron que la aplicación de ziram no producía cambio alguno en los contenidos de Mn, Cu, Zn y Mo en plantas de tomate y patata. Esta es la única cita encontrada en la que no se observan incrementos de Zn después de haber tratado con un compuesto carbámico conteniendo este elemento. Respecto a otros efectos de naturaleza fisiológica o bioquímica, descritos en la bibliografía, tenemos las observaciones de KAROV (1971a, b) acerca de que el ziram (3225) inhibe la actividad catalasa y peroxidasa en hojas de albaricoque y, por otro lado, -- afirman que no afecta la respiración de las hojas de ciruelos, albaricqueros y melocotoneros, lo que, según el autor, es una prueba de su falta de fitotoxicidad. Por su parte, KAROV (1972) indica que la pulverización de melocotoneros y albaricqueros con ziram (3225) no afectó negativamente el contenido de clorofila. Aunque fuera del contexto vegetal, BRIQUET y col. (1976) dicen que dicho fungicida es un inhibidor específico de las deshidrogenasas mitocondriales del "Saccharomyces cerevisiae".

así, las actividades de la succinato deshidrogenasa fueron inhibidas - en un 50% por concentraciones del producto inferiores a $10 \mu M$.

Como podemos observar, a la luz de las citas anteriores, la aplicación de este producto ha supuesto la descripción de efectos beneficiosos, indiferentes y negativos. También es cierto que se han utilizado distintos productos comerciales, distintas épocas de aplicación, probablemente distintas dosis y número de aplicaciones y distintos cultivos. Es factible que la combinación de todos estos distingos sea causa de profundas diferencias en las respuestas encontradas, tal y como ya hemos mencionado anteriormente. De todas formas, lo que parece quedar claro es que, al menos, en determinadas ocasiones, la aplicación - del fungicida, puede modificar algunos aspectos nutritivos de la planta.

Nuestras experiencias están de acuerdo con todos aquellos autores que, tras la aplicación de este producto, detectan un incremento en la concentración foliar de Zn. Estamos en total desacuerdo con los resultados obtenidos por BASARGIN y col. (1971) en patatas y tomates, quienes como ya hemos dicho, no encuentran variaciones en el contenido de Zn después del tratamiento con ziram (3225).

El análisis mostrado en la tabla LX indica que este plaguicida es, con mucho, el principal suministrador de los elementos N, S, y Zn. De acuerdo con lo que ya hemos expresado anteriormente, su aplicación podría explicar el aumento de S experimentado por las muestras -- tratadas, pero creemos que no sucede lo mismo respecto del N.

No hemos encontrado, sin embargo, ninguna cita que haga referencia directa a cambios ocasionados en la concentración de S en plantas tratadas. En lo único que nuestros resultados concuerdan con BASAR GIN y col. (1971), -excepción hecha del Mo, elemento que no hemos de-- terminado- es en la falta de acción que hemos observado sobre Cu. Respecto al N, hemos encontrado algunas referencias concernientes a cam--

bios ocasionados en algunas fracciones nitrogenadas. El efecto global - que nosotros hemos observado para este elemento, después del tratamiento pesticida tripartito, contradice las observaciones de PETERSON y SPOLITIS (1972) en manzanos.

De las interacciones que el Zn pueda ejercer sobre los otros nutrientes, las más estudiadas son, probablemente: Zn-N, Zn-P y Zn-Fe,

Como ya dijimos en el tratamiento anterior, existe controversia acerca del antagonismo o sinergismo del par N-Zn. Aislando las concentraciones obtenidas para estos dos nutrientes, en árboles tratados, de toda otra consideración cabe decir que, en forma global y durante el tiempo que duró la experiencia, tanto en ciruelos como en cerezos (Gráficas 27 y 36, y 38 y 47, respectivamente) se aprecia un sinergismo entre ambos elementos, ya que se han producido incrementos en las concentraciones foliares de ambos.

La relación P-Zn es bastante compleja y ha sido ampliamente revisada por LONERAGAN (1978). Usualmente se ha supuesto que altas concentraciones de P en los tejidos de las plantas inducen deficiencias de Zn, debido a que aumentan las necesidades de este nutriente, no siendo entonces la concentración aislada de Zn la que define el estado nutricional de la planta, sino la razón P/Zn, para la que WATANABE y col. (1965) indican -utilizando plantas de maíz- que valores superiores a 300 producen fuertes disminuciones de cosechas. LONERAGAN (1978) mantiene la idea de que los efectos observados en estos casos no son debidos a deficiencia de Zn sino a toxicidad por P. Al igual que para el N, nosotros observamos que los árboles tratados muestran incrementados los valores de Zn y P, y de una forma más señalada en el caso de los cerezos. En ningún caso se superan los valores indicados para la razón P/Zn.

El par Zn-Fe está considerado como antagónico, según los datos bibliográficos recogidos por ROMERO (1982) y por GIORDANO y MORTVEDT --

TABLA LXII

Año 1979

Características climáticas

Media de los años 1950-1981

Meses	Temperaturas			Pluviometria	% H.R.	Temperaturas				
	Max.	Min.	Med.			Max.	Min.	Med.	Pluviometria	% H.R.
Enero	12,9	5,9	9,4	104,1	82	12,4	2,8	7,6	54,6	78
Febrero	12,9	5,1	9,0	147,4	82	13,5	3,5	8,5	59,9	72
Marzo	14,5	5,1	9,8	53,2	79	16,6	5,2	10,8	60,9	69
Abril	17,7	6,5	12,1	25,2	72	18,8	7,4	13,1	46,9	66
Mayo	24,1	10,7	17,4	8,5	60	23,7	10,6	17,2	41,2	60
Junio	30,3	15,1	22,7	12,0	46	28,7	13,7	21,1	14,1	53
Julio	33,0	17,8	25,4	7,1	41	34,1	17,0	25,5	2,3	44
Agosto	30,9	19,1	25,0	0	48	32,9	17,3	25,1	4,7	47
Septiembre	27,3	14,3	20,8	27,9	57	28,3	14,1	21,3	25,7	57
Octubre	19,9	10,9	15,4	117,7	70	22,2	10	16,1	57,9	67
Noviembre	16,7	4,6	10,7	21,9	74	16,3	5,7	11,0	54,2	74
Diciembre	13,3	2,7	8,0	14,2	82	10,7	2,9	7,8	65,3	77

(1980). Incluso parece ser que el funcionamiento metabólico del Fe está ligado al suministro de Zn a la planta. Nosotros no hemos encontrado dicho antagonismo (Tablas XLVII y LIII) en ninguno de los dos cultivos, - es decir, que el aumento de Zn no ha producido disminución en la concentración foliar de Fe, aunque, naturalmente, sí que ha disminuido la proporción relativa de éste respecto a áquel. En este punto parece conveniente realizar dos puntualizaciones: a) Nuestro tratamiento introduce hierro (Tabla LX); b) La gran mayoría de los trabajos que abordan el tema de las interacciones, en general, se refieren siempre a nivel de absorción radicular. Nosotros nos referimos a la utilización metabólica - de los mismos, aunque en este caso concreto, pueda jugar también un papel importante la absorción foliar.

6.3.- Consideraciones acerca del estado nutritivo de los cultivos y de la influencia que sobre el diagnóstico de los mismos ejerce el primer - tratamiento del segundo año de experiencias.

6.3.1.- Ciruelos

En la Tabla LXII hemos recogido las condiciones climáticas correspondientes al año 1979.

Según se puede apreciar en las gráficas correspondientes para cada uno de los dos años estudiados, los contenidos en nutrientes son -- muy similares cuando comparamos fechas de muestreo análogas. A la luz de estos datos parece ser que el estado nutritivo del cultivo -nos referimos, naturalmente, a las muestras testigo- es muy similar al mostrado el año anterior y se puede deducir, por tanto, que las condiciones climatológicas no han tenido influencia práctica sobre los parámetros nutritivos.

TABLA LXIII

Ciruelos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del primer tratamiento del segundo año de experiencias (1979).

TESTIGOS													
Recogida	Concentración foliar en % sobre material seco						TOTAL	Porcentaje de cada elemento con relación al total					
	N	P	K	Ca	Mg	S		N	P	K	Ca	Mg	S
1ª	2,82	0,230	1,07	1,29	0,32	0,15	5,88	48,0	3,9	18,1	21,9	5,4	2,6
2ª	2,98	0,230	1,34	1,31	0,35	0,17	6,38	46,7	3,6	21,0	20,5	5,5	2,7
3ª	2,75	0,200	1,37	1,48	0,38	0,15	6,33	43,4	3,1	21,6	23,3	6,0	2,4
TRATADAS													
	N	P	K	Ca	Mg	S		N	P	K	Ca	Mg	S
1ª	3,16	0,240	1,95	1,24	0,31	0,16	7,06	44,8	3,4	27,6	17,6	4,4	2,3
2ª	3,22	0,240	2,10	1,31	0,34	0,18	7,39	43,6	3,2	28,4	17,7	4,6	2,4
3ª	2,64	0,198	2,01	1,35	0,35	0,17	6,72	39,3	2,9	29,9	20,1	5,2	2,5

TABLA LXIV

Ciruelos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del primer tratamiento del segundo año de experiencias (1979).

Recogida	Concentración foliar en meq/Kg de material seco					TOTAL	Porcentaje de cada elemento con relación al total				
	Fe	Mn	Cu	Zn	B		Fe	Mn	Cu	Zn	B
1ª	37,3	18,7	8,0	22,3	21,5	107,8	34,6	17,3	7,4	20,6	19,9
2ª	38,0	19,3	7,5	22,0	26,3	113,1	33,6	17,1	6,6	19,5	23,3
3ª	38,0	19,0	7,5	19,5	26,8	110,8	34,3	17,1	6,7	17,6	24,1

	TRATADOS					TOTAL					
	Fe	Mn	Cu	Zn	B		Fe	Mn	Cu	Zn	B
1ª	35,0	18,3	7,8	86,5	23,3	170,9	20,5	10,7	4,6	50,6	13,6
2ª	37,5	18,0	7,8	137,0	28,3	228,6	16,4	7,8	3,4	59,9	12,4
3ª	38,0	18,0	7,5	99,5	27,8	190,8	19,9	9,4	3,9	52,1	14,6

6.3.1.1.- Zona Óptima

Los datos a los que referimos el estado nutritivo de los cirue los son los recogidos en la Tabla XXVI, pero estos datos están referidos, fundamentalmente, a muestreos realizados hacia mediados del verano. La última fecha de muestreo en la presente experiencia fue el 3/6, resultando algo temprana para referirla al periodo de máxima estabilización de nutrientes y, por tanto, no muy adecuada para emitir un juicio diagnóstico.

De todas formas, y siguiendo la evolución de los contenidos nutricionales, se puede apreciar que los elementos K, Fe, Mn y Zn están algo por debajo de los intervalos de normalidad, y el Mg por encima del mismo. En las Tablas LXIII y LXIV se puede apreciar que las muestras tratadas han obviado los niveles bajos de K, se ajustan mejor los niveles de Mg, contienen Zn en niveles situados por encima de los intervalos de normalidad y, prácticamente, no afectan al Fe y Mn. Bajo estas simples consideraciones puede parecer que las muestras tratadas presentan un estado nutritivo más próximo a los intervalos de normalidad que utilizamos de guía.

En las mismas Tablas LXIII y LXIV se presentan también referido a peso seco- las concentraciones medias en hoja de todos los elementos estudiados, así como los porcentajes relativos referidos al total de las concentraciones de macro y micronutrientes, respectivamente.

Los datos correspondientes a dichos porcentajes relativos presentan algunos aspectos interesantes. Así resulta que mientras que las muestras tratadas tienen incrementados los niveles de N y P en las dos primeras recogidas, no sucede lo mismo cuando utilizamos los porcentajes relativos, ya que, entonces, éstos se encuentran disminuidos respecto a los obtenidos en testigos, al igual que le sucede al S. Con esta forma de expresión se aprecia que el fuerte incremento de K ocasiona la

TABLA LXV

Ciruelos. Segundo año de experiencias (1979). Tratamiento primero. Valores para equilibrios ternarios.

Recogida	N-10P-K						K-Ca-Mg					
	Testigos			Tratadas			Testigos			Tratadas		
	N	10P	K	N	10P	K	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
1ª	46	37	17	42	32	26	40	48	12	56	35	9
2ª	45	35	20	42	31	27	44	44	12	56	35	9
3ª	45	33	22	40	30	30	42	46	12	54	36	10

disminución no sólo en Ca y Mg, lo que podría ser explicado por un efecto antagónico, sino también la de los tres macronutrientes no catiónicos. Los porcentajes relativos muestran de una forma más nítida las tendencias de incremento o disminución relativo de elementos a lo largo del tiempo, existiendo un marcado paralelismo entre muestras testigo y tratadas, a excepción del S.

Los valores porcentuales relativos obtenidos para micronutrientes (Tabla LXIV) están totalmente influenciados por los altos niveles de Zn y por los altibajos de este elemento observados entre recogidas.

6.3.1.2.- Equilibrios ternarios

Están recogidos en la Tabla LXV.

Como ya hemos indicado, el óptimo que ESTEBAN (1975) establece en árboles frutales para el equilibrio N-10P-K es 50-30-20. Las muestras testigo, presentan -de acuerdo a los índices citados- una distorsión N-P, estando algo disminuidos los valores de N y aproximándose bastante, en general, al valor indicado para el K. De todas formas, se aprecia, a lo largo del tiempo, un incremento del índice de K a costa del P y una constancia en el del N, que permanece disminuido con una manifiesta inmovilidad en sus índices.

Las muestras tratadas revelan que el fuerte incremento experimentado en K deprime los índices del N, produciendo un desequilibrio nutritivo que se concreta en la interacción N-K, ya que los valores de P son llevados a sus óptimos. En conclusión, este equilibrio nos informa -en la misma línea que lo hacían los porcentajes relativos de macronutrientes. A pesar de que la concentración foliar promedia de N se ve aumentada, parece producirse una merma del contenido de N relativo, mostrándose, como en otros casos, un desequilibrio N-K motivado por el tratamiento.

Los índices obtenidos para el equilibrio K-Ca- Mg son algo elevados para el K y un poco bajos para Ca, situándose el Mg dentro del intervalo de normalidad, según los valores de la Tabla XXVI. Existe una cierta fluctuación temporal para Ca y K, de tal manera que el incremento del índice de uno de ellos está compensado por el otro y viceversa, lo que evidencia que prevalece el antagonismo K-Ca, frente al K-Mg o Ca-Mg.

Las muestras tratadas poseen claramente potenciado el desequilibrio citado. Los valores obtenidos para K superan notoriamente los de Ca, condición que no debe darse según la bibliografía consultada. El Mn también resulta deprimido, pero se mantiene dentro del amplio intervalo de normalidad que hemos adoptado.

Los equilibrios ternarios presentan en muestras tratadas unos índices que sugieren un empeoramiento en el estado nutritivo del cultivo, concretándose en desequilibrios N-K y K-Ca, fundamentalmente. Este diagnóstico entra en colisión con el obtenido para la zona óptima.

6.3.2.- Cerezos

6.3.2.1.- Zona óptima

Al realizar un diagnóstico nutritivo usando este criterio nos encontramos con los inconvenientes manifestados anteriormente, los cuales se concretan en lo temprano de los muestreos realizados respecto a la época a la que se circunscriben los valores representativos del intervalo óptimo.

En todo caso, al verificar la comparación entre los valores medios correspondientes a los muestreos realizados en los primeros días de junio de ambos años, se aprecia una casi completa identidad en los mismos, a excepción de Fe y Mn, que se encuentran ahora algo más deprimidos.

Sin embargo, si no fijamos en las concentraciones de nutrientes que presentan los testigos a finales de julio (Tablas LXVII y LXVIII)

TABLA LXVII

Cerezos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del primer tratamiento del segundo año de experiencias (1979).

TESTIGOS

<u>Recogida</u>	<u>Concentración foliar en % sobre material seco</u>						<u>TOTAL</u>	<u>Porcentaje de cada elemento con relación al total</u>					
	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>		<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>
1ª	2,69	0,220	0,89	0,75	0,36	0,143	5,05	53,2	4,4	17,6	14,8	7,1	2,8
2ª	2,70	0,193	0,86	1,03	0,43	0,140	5,35	50,4	3,6	16,0	19,2	8,0	2,6
3ª	2,64	0,160	0,64	1,52	0,63	0,143	5,73	46,0	2,8	11,2	26,5	11,0	2,5

TRATADAS

	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>		<u>N</u>	<u>P</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>S</u>
1ª	2,88	0,288	1,30	1,15	0,36	0,143	6,12	47,1	4,7	21,2	18,8	5,9	2,3
2ª	2,78	0,260	1,39	1,31	0,42	0,143	6,30	44,1	4,1	22,1	20,8	6,7	2,3
3ª	2,74	0,218	1,24	1,51	0,50	0,153	6,36	43,0	3,4	19,5	23,7	7,8	2,4

TABLA LXVIII

Cerezos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del primer tratamiento del segundo año de experiencias (1979).

TESTIGOS						
Recogida	Concentración foliar en meq/Kg de material seco					TOTAL
	Fe	Mn	Cu	Zn	B	
1ª	38,8	20,3	5,8	10,8	18,5	94,2
2ª	41,5	24,5	5,3	10,0	27,8	109,1
3ª	44,0	34,8	5,5	9,0	30,5	123,8
Porcentaje de cada elemento con relación al total						
	Fe	Mn	Cu	Zn	B	
1ª	41,2	21,5	6,2	11,5	19,6	
2ª	38,0	22,5	4,9	9,1	25,5	
3ª	35,5	28,1	4,4	7,3	24,6	
TRATADOS						
						TOTAL
	Fe	Mn	Cu	Zn	B	
1ª	39,5	21,8	5,3	124,5	22,0	213,1
2ª	43,8	26,8	5,3	181,5	33,8	291,2
3ª	44,0	34,5	5,5	81,5	36,8	202,3
Porcentaje de cada elemento con relación al total						
	Fe	Mn	Cu	Zn	B	
1ª	18,5	10,2	2,5	58,4	10,3	
2ª	15,0	9,2	1,8	62,3	11,6	
3ª	21,7	17,0	2,7	40,3	18,2	

y comparamos con las medias obtenidas en la Tabla XXXIV, observamos que:

- NITROGENO y FOSFORO se encuentran rozando el límite inferior del intervalo óptimo, mientras que el POTASIO está situado notablemente distanciado por debajo del mismo.

- CALCIO y MAGNESIO superan claramente el límite superior del citado intervalo óptimo, y el AZUFRE, aunque en poca cuantía, se sitúa algo por debajo del límite inferior.

- MANGANESO, COBRE y BORO caen dentro de dicho intervalo, e -
HIERRO y ZINC se considerarían algo bajos.

Estas consideraciones, que serían apropiadas para juzgar y comparar la influencia que el segundo tratamiento realizado en este año -- ejerce sobre el estado nutritivo del cultivo, sólo deben ser tomados --- ahora como una vaga referencia del mismo.

Ciñéndonos al amplio margen de normalidad dado en la Tabla --- XXXIV y suponiendo que el diagnóstico del estado nutritivo que acabamos - de hacer se pudiese trasponer a las fechas comprendidas en esta experiencia, podríamos destacar, como rasgos más notables de este tratamiento, la introducción de una elevada cantidad de Zn, la obtención de un fuerte incremento de P, el mantenimiento del poco contenido de Fe detectado y un - notable incremento de K, acompañado, sólo inicialmente, de un incremento en Ca.

Se mejora, por tanto, el bajo contenido en K, pero se introduce un exceso -al menos aparentemente- de Zn. Se incrementa notablemente el P y no se modifica la carencia de Fe.

No observamos ninguna manifestación visual anormal después de - realizado el tratamiento y, al no realizar medida de la cosecha, no podemos definir con precisión si los cambios producidos supusieron realmente una mejora en el estado nutritivo de la planta.

TABLA LXIX

Cerezos. Segundo año de experiencias (1979). tratamiento primero. Valores para equilibrios ternarios.

Recogida	N-10P-K						K-Ca-Mg					
	Testigos			Tratadas			Testigos			Tratadas		
	N	10P	K	N	10P	K	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
1ª	47	38	15	41	41	18	44	38	18	46	41	13
2ª	49	35	16	41	38	21	37	44	19	45	42	13
3ª	54	33	13	44	35	21	23	54	23	38	47	15

Al igual que ocurrió en ciruelos, los porcentajes relativos de macronutrientes (Tabla LXVII) muestran tendencias más claramente definidas que las concentraciones foliares. Las muestras tratadas presentan un peso total de constituyentes minerales -en el que colabora definitivamente el K- superior al de los testigos y ello es responsable de que, fundamentalmente, N y S tengan inferiores porcentajes relativos, a pesar de que en la concentración foliar se han obtenido incrementos. Se aprecia en dicha tabla que el cambio en la intensidad relativa de macronutrientes afecta fundamentalmente a N, K y Ca.

La Tabla LXVIII recoge la intensidad relativa de micronutrientes. Destaca, para muestras testigo, que el Fe en esta forma de expresión mantiene una tendencia opuesta a cuando se expresa en concentración foliar. Las muestras tratadas están totalmente supeditadas a los altos y fluctuantes valores obtenidos para el Zn.

6.3.2.2.- Equilibrios ternarios

Estos valores están recogidos en la Tabla LXIX. Las muestras testigos presentan un desequilibrio P-K, cuando adoptamos como patrón los índices preestablecidos. Se aprecia una clara tendencia al aumento para el N, la cual se realiza, principalmente, a costa del P. El K se muestra con valores bajos, coincidiendo este diagnóstico con el obtenido por el método de la zona óptima.

Las muestras tratadas han normalizado sus índices de K y han incrementado también, aunque en menor proporción, los del P; como consecuencia de ello, se obtiene una importante merma del N en esta proporción ternaria. Tenemos, por tanto, que, aunque los tres elementos presentan una mayor concentración en hojas tratadas, las intensidades relativas no se ajustan a los óptimos establecidos, existiendo una fuerte distorsión N-P. También en este caso se aprecia, para el P, concordancia con lo que decíamos en el apartado anterior sobre el diagnóstico nutritivo.

TABLA LXX

Resumen de los efectos observados en las concentraciones foliares de nutrientes y en la dinámica de los mismos en ambos cultivos, tras la aplicación del segundo tratamiento del segundo año de experiencias. (1979).

-----CIRUELOS-----								-----CEREZOS-----							
	Ef.global observado	Ef. individuali. por recogidas				Modificación ten- dencia fisiológica.		Ef.global observado	Ef. individuali. por recogidas.	Modificación ten- dencia fisiológica.					
		R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	Cualit.	Cuantit.			R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	Cualit.	Cuantit.
Nitrógeno	-	0	-	-	-	No	Si	+	-	+	+	+	+	No	Si
Fósforo	0 (+,-)	+	0	0	(-)	No	Si	+	+	+	+	+	+	Si	Si
Potasio	+	+	+	+	+	No	Si	+	+	+	+	+	+	No	Si
Calcio	-	-	-	-	-	No	Si	-	-	-	-	-	-	No	Si
Magnesio	-	-	-	-	-	Si	Si	-	-	-	-	-	-	No	Si
Azufre	+	+	+	+	+	No	Si	+	+	+	+	+	+	(No)	No
Hierro	-	0	-	-	0	No	Si	-	0	-	-	-	-	Si	Si
Manganeso	-	-	-	-	-	No	Si	-	-	-	-	-	-	No	Si
Cobre	-	0	0	0	-	-	(Si)	(-)	0	0	0	0	0	No	No
Zinc	+	+	+	+	+	Si	Si	+	+	+	+	+	+	No	Si
Boro	-	0	-	-	-	No	Si	+	+	+	+	+	+	No	Si

- = concentración estadísticamente inferior al testigo

+

0 = concentración estadísticamente igual al testigo

Para el equilibrio K-Ca-Mg, observamos que las muestras testigos muestran deficiencia de Ca al principio -lo que puede ser debido a lo temprano de la recolección- y valores bajos para el K al final; a lo largo de todo el periodo estudiado, el Mg ofrece índices algo superiores a los que establecimos en la Tabla XXXII.

El equilibrio de muestras tratadas pone de manifiesto el aumento de K que se produce y la incidencia que éste posee sobre el Mg, la cual resulta ser bastante más señalada que la causada sobre el Ca, debido a las superiores concentraciones detectadas durante las dos primeras recogidas. La aplicación de este equilibrio a muestras tratadas pone de manifiesto una desproporción entre K y Ca ya que el Mg ha sido llevado a límites de normalidad.

6.4.- Discusión de los efectos observados tras el segundo tratamiento - del segundo año de experiencias a tenor de la composición del tratamiento y de los antecedentes bibliográficos.

En la Tabla LXX se han resumido para ambos cultivos frutícolas, los efectos apreciados en las muestras tratadas respecto de sus correspondientes testigos.

Se puede apreciar que ambos cultivos muestran analogía en cuanto al comportamiento de los elementos POTASIO, CALCIO, MAGNESIO, AZUFRE, HIERRO, MANGANESO y ZINC, mientras que el NITROGENO y BORO muestran respuestas diferentes, descendiendo la concentración de ambos nutrientes - en ciruelos y aumentando en cerezos. El FOSFORO presenta un claro incremento en cerezos, mientras que en ciruelos a este incremento inicial le sigue una clara reducción. Por último, el COBRE parece disminuir su concentración foliar en ambos cultivos aunque, estadísticamente, no está perfectamente definido.

El análisis estadístico realizado pone de manifiesto que, prácticamente, todos los elementos estudiados ven alterada su evolución ---

TABLA LXXI

Resultados analíticos de los plaguicidas utilizados en el segundo tratamiento del segundo año de experiencias. (1979).

Elemento analizado	<u>"Pomarsol z forte"(ziram, 3225)</u>		<u>"Dimetoato 40" (dimetoato, 1553)</u>		<u>Total mg/árbol</u>
	<u>mg./g.prod. comercial</u>	<u>mg./árbol</u>	<u>mg./g.prod. comercial</u>	<u>mg/árbol</u>	
N	78,80	1576,0	20,50	410,0	1986,0
P	1,40	28,0	72,20	1444,0	1472,0
K	0,40	8,0	0,0	0,0	8,0
Ca	0,76	15,2	0,02	0,4	15,6
Mg	0,15	3,0	0,05	1,0	4,0
S	286,0	5720,0	102,5	2050,0	7770,0
Fe	0,03	0,6	0,03	0,6	1,2
Mn	0,01	0,2	0,0	0,0	0,2
Cu	0	0	0	0	0
Zn	178,5	3570,0	0,02	0,4	3570,4
B	0,01	0,2	0	0	0,2

cuantitativa -respecto a sus testigos o controles- en ciruelos, siendo solamente Mg y Zn los que modifican la tendencia fisiológica natural durante el periodo de tiempo estudiado.

Sin embargo, en Cerezos, AZUFRE y COBRE evolucionan de igual forma en ambos tipos de muestras, mientras que el resto de los elementos sufre variaciones cuantitativas en sus evoluciones. Solamente hierro y fósforo no siguen la tendencia mostrada en los controles.

Se establecen, por tanto, distinciones globales de comportamiento entre ambos cultivos, para NITROGENO, FOSFORO y BORO, cuyas concentraciones tienden a disminuir por efecto del tratamiento en ciruelos, y a aumentar en cerezos.

En la Tabla LXXI se reflejan los datos obtenidos en el análisis de los plaguicidas comerciales utilizados en este tratamiento, así como la cantidad de cada nutriente -expresado en mg.- que correspondió aproximadamente, a cada árbol.

NITROGENO, FOSFORO, AZUFRE y ZINC son los elementos que el tratamiento introduce en cantidades apreciables, sobre todo los dos últimos, en cuyo caso, las cantidades absolutas de elemento que llevan los productos podrían explicar los incrementos de estos nutrientes.

Las cantidades de N y P introducidas son también importantes. Sin embargo, hay que destacar los comportamientos opuestos que presentan las dos especies tratadas respecto a estos dos elementos.

El NITROGENO es aportado fundamentalmente por el "Pomarsol Z - forte" (ziram, 3225), el cual forma depósitos superficiales consistentes que pueden permanecer adheridos a las hojas durante un largo periodo de tiempo, según describimos en el tratamiento anterior. Por otro lado, el dimetoato (1553) es un insecticida órganofosforado de carácter sistémico, con una rápida penetración dentro de la planta. ZWICK y col. (1977) indicaron que ocho días después de tratar árboles de cerezo median-

te pulverización aérea con dimetoato (1553), el total de residuos encontrados para el producto y su principal metabolito -el dimetoxon- fueron inferiores a 2 ppm; trazas de estos productos fueron detectadas desde - 28 a 35 días después de realizado el tratamiento.

Tal y como ya hemos descrito, N y P están en superior concentración en muestras de cerezos tratadas, pareciendo ejercer el tratamiento una clara influencia sobre sus contenidos (Gráficas 38 y 39). El NITROGENO aumenta claramente a partir de la segunda recogida.

Sin embargo, ese aumento medio, que ya se mantiene durante todo el tiempo que dura la experiencia y que se puede cifrar alrededor -- del 0,2%, parece excesivamente elevado para ser imputado al aporte que realiza el tratamiento, máxime cuando los depósitos de "Pomarsol Z forte", ziram (3225) -principal suministrador de N- permanecen durante más de tres semanas ostensiblemente sobre las hojas de los árboles y, por tanto, podría suceder que no hubiese una entrada masiva de la materia activa.

En cuanto al P (Gráfica 39), se aprecia, a partir de la segunda recogida una disminución del incremento inicial observado, aunque -- permaneciendo siempre su concentración superior en las muestras tratadas. Es realmente el dimetoato (1553) el que aporta este elemento en su estructura. SANTI (1962) afirma que la degradación de esta sustancia -- puede llegar hasta ácido fosfórico, el cual -pensamos- podría ser utilizado por la planta. El incremento medio que experimentan las muestras tratadas es de un 0,02% cantidad que, al ser suministrada por el dimetoato (1553) -producto de rápida absorción-, podría quedar justificada por el tratamiento realizado.

Anteriormente hemos comentado que entre ambas especies frutales existía diferencia en cuanto al porte de los árboles e, incluso, hemos atribuido a esta diferencia la explicación de observaciones no concordantes. Sin embargo, al analizar el comportamiento de N y P en cirue

los tratados (Gráficas 27 y 28) hemos de concluir que no es ahora esta -- diferencia la que determina el distinto comportamiento observado. El N -- sufre una disminución muy marcada que se manifiesta a partir de la segun da recogida. No está claro, sin embargo, debido al periodo de tiempo -- transcurrido desde el final de la experiencia anterior y el inicio de és ta, la posibilidad de que exista un efecto inicial de aumento. Sin embar go, para el P, sí que parece existir una subida inicial inmediatamente -- después de realizado el tratamiento, que, debido a su cuantía, podría -- ser explicada por la aplicación de dimetoato (1553) y enseguida comenzar un decaimiento de sus niveles, el cual es bastante parejo con el sufrido por el N y por el B (Gráfica 37).

En resumen, podríamos decir que, según la composición de los -- productos fitosanitarios, de los resultados analíticos de los mismos, -- así como de las dosis utilizadas, se puede deducir que:

- Los incrementos detectados en Zn y S pueden ser explicados -- por la composición del tratamiento.

- El tratamiento podría explicar también -al menos en parte- -- los incrementos observados para el P.

- No parece probable que el incremento de N en cerezos esté ori ginado exclusivamente por su contenido en los productos utilizados.

- El resto de las variaciones observadas parecen ser consecuen cia indirecta del tratamiento.

Puesto que las opiniones de los distintos autores acerca de los efectos que ejerce sobre los diferentes cultivos la aplicación de ziram, (3225), han sido tratadas en el epígrafe correspondiente al tratamiento anterior, comentaremos solamente las correspondientes al dimetoato, -- (1553).

Este producto, tal y como se describe en el apartado de Material y Metodos, es un insecticida ditiofosforado al que se le atribuyen carac

terísticas sistémicas. Es, probablemente, uno de los productos más utilizados en los últimos tiempos y, a la vez, de los más estudiados en los distintos aspectos de su relación con las plantas.

Así, LEKVEISHVILI (1971) ha incidido sobre los efectos que la temperatura y la humedad ejercen sobre la fitotoxicidad del "Bi-50" -- (dimetoato, 1553). Sus resultados evidenciaron que ésta aumentaba con la temperatura y decrecía con la humedad. En este mismo sentido, ORDZHONIKIDZE (1974) indica que la actividad insecticida del "phosphamide" -- (dimetoato, 1553), aplicado sobre árboles de cerezos, se hacía más per durable cuando se daban condiciones de poca lluvia y de poca intensidad solar.

Otros estudios acerca de la influencia que la luz ejerce sobre la degradación de este producto han sido realizados por KASUGA y col. (1977).

LEKVEISHVILI (1974) encontró una relación muy directa entre el porcentaje de apertura de los estomas y el daño causado por el insecticida. Aconseja que la aplicación se realice por la mañana o por la tarde cuando la temperatura es baja y los estomas estén cerrados.

Hay una amplia gama de estudios sobre la persistencia del insecticida en la planta, lo que se suele relacionar con el llamado periodo de destoxicación. Se considera que, por término medio, el periodo para la completa desaparición del pesticida o para que su concentración sea inferior a 1,5 ppm oscila entre 20 y 30 días. Entre otros, hemos consultado los trabajos de MACNEIL y col. (1975), GERGAYA y col. (1977), ADEISHVILI y MAMALADZE (1976), ADZHEMYAN y col. (1977), ZWICK y col. (1977), OTKHMEZURI y col. (1976) y LLISTO y col. (1980a, b).

El metabolismo del dimetoato (1553) ha sido, asimismo, ampliamente estudiado. LUCIER y MENZER (1968) estudiaron la influencia que cuatro distintas formas de aplicación poseían sobre este proceso en --

plantas de judías. El metabolismo más lento del producto correspondió a la aplicación foliar. En general, las reacciones de oxidación poseen menor importancia que las de hidrólisis, aunque aquellas puedan tener una cierta importancia en la aplicación foliar. Entre los metabolitos más importantes, se encontraban los ácidos dimetilditiofosfórico y dimetiltiofosfórico.

Amplios estudios y revisiones sobre este compuesto han sido realizados por PIETRI-TONELLI y col. (1960, 1961, 1964), PIETRI-TONELLI (1965), SANTI (1962), SANTI y GIACOMELLI (1962) y MANCHANDA y DOUGAN (1975). En ellos destacan que las reacciones de oxidación consisten, fundamentalmente, en la obtención de los derivados análogos P:O (lo que produce liberación de S). Las reacciones de hidrólisis conducen a la formación de los compuestos ya citados, así como también la de ácido ortofosfórico.

A continuación expondremos los efectos que hemos podido recoger sobre la acción que el dimetoato (1553) ha ejercido en determinados aspectos de la fisiología y de la bioquímica de la planta.

Esta información la clasificamos en tres bloques: aspectos de nutrición nitrogenada y mineral, actividades enzimáticas y otros aspectos bioquímicos y fisiológicos.

Comenzando por estos últimos, HENDERSON y CLEMENTS (1974) y PRINTS (1971) afirman que el dimetoato incrementa la cosecha y el crecimiento en ballico y manzanos, respectivamente, incrementándose el contenido foliar de clorofila en el último caso.

SHANIMOV e ISIN (1977), por el contrario, han descrito que el "Bi-58" (dimetoato, 1553) decrece el contenido foliar de clorofila, incrementa el contenido en azúcares de las manzanas y el tamaño de las mismas. Otros autores, como LUKPANOV y ZHAMANBALANOVA (1974), LUKPANOV y BAIDA (1974). ADZHEMYAN (1972b) y KHASHIMOV (1969), han descrito para

distintos cultivos, incrementos en los contenidos foliares de azúcares. Por el contrario, BELYAEVA (1974) indica que la aplicación de dimetoato (1553) produce una disminución de los azúcares solubles contenidos en - hojas de pepino, y PUCHKOVA (1965) obtiene el mismo resultado en tejidos de pino al aplicar "Rogor" (dimetoato, 1553), al 0,5%.

BORODULINA y BERNATSKAYA (1970) encontraron que la pulverización de "Rogor" (dimetoato, 1553) al 0,6% sobre manzanos, en la proporción de 500 L/Ha, reducía la movilidad del agua en las hojas y disminuía la transpiración, apareciendo posteriormente quemaduras.

Respecto a la actividad sobre diversas enzimas también se aprecian algunas contradicciones. Mientras que ROZEK (1978) encontró que -- plantas de judías tratadas con dimetoato (1553) al 0,1% tenían incremento la actividad peroxidasa y que este incremento presentaba sus valores más altos en la época de floración, BLAGONRAVOVA y NILOV (1976) han encontrado disminuida dicha actividad en raíces de rábano. BELYAEVA y - LUKPANOV (1971) hallaron que el "Phosphamide" (dimetoato, 1553) aplicado en el periodo de formación de yemas y en la floración, aumentaba la actividad peroxidasa y disminuía la de la polifenoloxidasas, no ejerciendo efecto significativo alguno sobre el contenido en clorofila.

MURAV' EVA y col. (1978) y MURAV' EVA (1979) han estudiado la -- acción que el "Rogor" (dimetoato, 1553) ejerce sobre la actividad de la enzima succinato deshidrogenasa en raíces de plántulas de trigo. Dependiendo de la concentración del insecticida, se producía activación o inhibición de la actividad enzimática.

ADZHEMYAN (1972a, 1975) indica que el "Rogor" (dimetoato, 1553) ha mostrado comportamientos variables en la actividad de la amilasa.

ROZEK (1982) ha constatado que el Bi-58 (dimetoato, 1553) --- aplicado al 0,5%, inhibe la actividad de la nitrato reductasa en plantas de judías. El estado fenológico de la planta parece jugar un impor-

tante papel en los cambios que sobre el contenido de N foliar, en plantas de guisantes, han detectado ROZEK y MARECZEK (1981).

LEKVEISHVILI (1975) ha hallado incrementados los niveles de aminoácidos en hojas de cítricos tratados con "Bi-58" (dimetoato, 1553) y KISELEVA (1973) encontró que el "Rogor" (dimetoato, 1553) y KISELEVA (1973) encontró que el "Rogor" (dimetoato, 1553) aumentaba las fracciones de N no proteico en plantas jóvenes de guisantes.

Mientras que SMIRNOVA y col. (1976) no han encontrado alterada la composición de plantas de pepino tratadas con dimetoato, (1553), GLADILOVICH y KONOVA (1971) y KONOVA (1972) afirman que la aplicación de "Rogor" (dimetoato, 1553) al 0,25 - 0,30%, aplicado en la época de crecimiento de las yemas, provocaba un incremento en el contenido foliar de Cu y Mn en plantas de judías y de rábano. El último autor indica que se produce un incremento en la actividad enzimática del complejo oxidativo y, en un trabajo posterior, KONOVA (1974) afirma que la aplicación de Cu^{++} a plantas tratadas con "Rogor" (dimetoato, 1553) parece acelerar el proceso de destoxicación del vegetal.

Por el contrario, KHASIMOV (1970) no ha encontrado variación en los niveles de Cu y Mn de plantas de zanahorias tratadas con dimetoato (1553).

De nuevo, KONOVA (1971) comprobó que la aplicación de "Rogor" (dimetoato, 1553) al 0,3% en la época de crecimiento de las yemas aumentaba la absorción de N, P y K en plantas de judías y de N en plantas de trigo (KONOVA, 1973). Sin embargo, eran reducidos los niveles de Co, Mn, y Zn en plantas de trigo tratadas al comienzo del crecimiento y al inicio del espigamiento (GLADILOVICH y KONOVA, 1971).

Por último, BAIDA (1974) encontró que el producto "phosphamide" (dimetoato, 1553), aplicado al 0,2%, incrementó el N total de plantas de coles, disminuyó los aminoácidos e incrementó ligeramente K y P.

Se puede apreciar que, según los trabajos citados, hay una --- gran diversidad de factores -que ya hemos mencionado varias veces- que pueden jugar y de hecho lo hacen, un papel transcendental en el efecto final que pueda ejercer la aplicación del insecticida, dándose, con -- cierta frecuencia, resultados contradictorios.

Un dato que creemos importante y que no hemos hallado en ninguno de los trabajos revisados es la realización del análisis inorgánico del producto utilizado, ya que es muy variada la marca de productos comerciales utilizados y también, probablemente, algunos aspectos del -- proceso de fabricación de los mismos. Otro aspecto importante es la variabilidad de la dosis y el momento de su aplicación, así como el cultivo sobre el que se aplica.

Al igual que en los casos anteriores, nuestros tratamientos - múltiples no permiten una comparación directa con los efectos observados por otros investigadores. Sin embargo, y aunque existen algunos resultados contradictorios en los trabajos referidos, se ha descrito en un par de ocasiones que la aplicación de insecticidas cuya materia activa es el dimetoato, (1553), produce incremento foliar de Cu y Mn.

En nuestro caso, en los dos cultivos estudiados, el Mn, junto con el Fe, (Tablas LXXIII y LXXVI) es precisamente el micronutriente - que más claramente aparece deprimido en muestras tratadas, pareciendo - estar fuertemente antagonizado -sobre todo en ciruelos- la acumulación del mismo en las hojas. AGUI (1973) describe que la migración del Mn parece estar fuertemente condicionada por el Ca y K, y estos dos macronutrientes tienen, en nuestro caso, contenidos claramente distintos a las que poseen las muestras testigo correspondientes. En el caso del Cu no hemos obtenido una pauta de comportamiento claramente definida, aunque parece poseer cierta tendencia a disminuir su concentración foliar.

En nuestro caso, al ser aplicado el dimetoato, (1553) conjuntamente con el ziram, (3225), pueden jugar también otros factores. En la mayoría de los tratamientos realizados por nosotros, y que incorporan Zn en su fórmula, se observa que las hojas de árboles tratados presentan disminuidos sus concentraciones de Mn. Existen opiniones contradictorias sobre la interrelación de estos dos elementos; a veces, son descritos como sinérgicos y, otras, como antagónicos ROMERO (1982).

OSAWA (1971) ha descrito, para algunas especies hortícolas, -- que cuando se suministran fuertes cantidades de Zn disminuye el contenido foliar de Mn.

Algunos de los trabajos citados describen que, en algún caso, se detectan incrementos en N, P y K. Este incremento conjunto sólo se nos ha presentado en cerezos.

El incremento de Zn va acompañado de un comportamiento análogo del N en el caso del cerezo, pero no en el ciruelo, donde se produce de presión. El P se comporta de la misma forma que la citada para el N.

Sin embargo, ahora, a diferencia de lo observado en el tratamiento anterior, se produce, en ambos cultivos, un decrecimiento en el contenido de Fe. La respuesta global es que, al menos aparentemente, Zn y Fe están antagonizados. En este sentido conviene destacar dos hechos: a) El tratamiento anterior aporta una cierta cantidad de Fe que, aunque pequeña (Tabla LX), puede considerarse importante para mantener los niveles de este elemento. b) Los datos analíticos reflejan ahora una mayor concentración foliar de Zn que la obtenida en el tratamiento anterior.

6.5.- Influencia del segundo tratamiento del segundo año de experiencias sobre el diagnóstico del estado nutritivo de los cultivos.

6.5.1.- Ciruelos

6.5.1.1.- Zona óptima

Como siempre nos sirven de referencia los datos de la Tabla -- XXVI. Las fechas correspondientes al segundo y tercer muestreo pertenecen a la segunda mitad del mes de julio, siendo ahí donde se sitúa la -- época de mayor estabilidad para la casi totalidad de los nutrientes. Estas fechas vienen a ser las utilizadas para la obtención de los valores plasmados en la citada tabla de referencia.

De acuerdo con esto, y comparando con las Tablas LXXII y LXXIII se puede decir que el estado nutritivo que presentan los árboles testigos es bueno para N, P, Ca, S, Cu y B. Resulta bajo para K y Mn y, en -- muy poca cuantía, para Fe y Zn. El Mg parece estar en concentraciones al -- go elevadas.

Las muestras tratadas tienen dentro del intervalo óptimo teórico todos los macronutrientes. Se han acomodado, por tanto, al mismo, los contenidos de K y Mg. Empeoran, aunque por poco margen, las concentraciones de Fe y Mn que se hacen más inferiores todavía. Parece haber un claro exceso de Zn.

A la vista de estos cambios, es difícil predecir si el estado nutritivo del árbol ha mejorado o, por el contrario, ha empeorado, aunque en este último sentido parecen interrelacionarse los cambios habidos -- disminución de Fe y aumento de K y Zn; disminución de Fe, disminución -- de Ca y Mg --.

Es interesante destacar el hecho de que el Mg foliar se ha mostrado siempre, en cada una de las estaciones y tratamientos en ambos cultivos, por encima del intervalo de normalidad extractado de la bibliografía.

TABLA LXXII

Ciruelos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del segundo tratamiento del segundo año de experiencias (1979).

TESTIGOS

Recogida	Concentración foliar en % sobre material seco						TOTAL	Porcentaje de cada elemento con relación al total					
	N	P	K	Ca	Mg	S		N	P	K	Ca	Mg	S
1ª	2,72	0,180	1,24	2,18	0,51	0,16	6,99	38,9	2,6	17,7	31,2	7,3	2,2
2ª	2,73	0,180	1,28	2,18	0,51	0,16	7,04	38,7	2,5	18,2	30,9	7,2	2,2
3ª	2,70	0,178	1,41	2,33	0,55	0,17	7,34	36,8	2,4	19,2	31,7	7,5	2,3
4ª	2,65	0,168	1,39	2,32	0,54	0,19	7,26	36,5	2,3	19,2	31,9	7,4	2,6

TRATADAS

	N	P	K	Ca	Mg	S		N	P	K	Ca	Mg	S
1ª	2,73	0,200	1,96	1,83	0,41	0,18	7,31	37,3	2,7	26,8	25,0	5,6	2,5
2ª	2,37	0,178	1,96	1,79	0,41	0,18	6,89	34,4	2,6	28,4	26,0	6,0	2,6
3ª	2,33	0,173	2,07	1,81	0,41	0,18	6,97	33,4	2,5	29,7	26,0	5,9	2,6
4ª	2,35	0,153	2,00	1,88	0,42	0,22	7,02	33,4	2,2	28,5	26,8	6,0	3,1

TABLA LXXIII

Cerezos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del segundo tratamiento del segundo año de experiencias (1979).

TESTIGOS

<u>Recogida</u>	<u>Concentración foliar en meq/Kg de material seco</u>					<u>TOTAL</u>	<u>Porcentaje de cada elemento con relación al total</u>				
	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>		<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>
1ª	66,3	21,8	7,9	17,4	25,1	138,5	47,8	15,9	5,7	12,3	18,1
2ª	71,8	23,9	8,2	17,2	30,0	149,4	47,6	15,4	5,4	11,4	20,1
3ª	72,1	26,1	7,3	14,1	38,2	157,5	45,8	16,5	4,4	8,9	24,2
4ª	71,4	31,2	8,1	12,9	34,4	158,0	45,2	19,7	5,0	8,3	21,6

TRATADOS

	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>	<u>TOTAL</u>	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>
1ª	63,4	18,2	8,4	153,2	23,7	266,9	23,6	6,7	3,0	57,5	9,0
2ª	61,0	18,1	7,0	137,1	28,2	252,0	24,3	7,2	2,8	54,6	11,1
3ª	63,2	18,0	7,2	176,4	32,0	296,8	21,3	6,1	2,4	59,4	10,8
4ª	71,8	21,5	7,2	148,0	27,1	274,6	25,9	7,6	2,5	54,0	9,8

fía. De otro lado, el K siempre está por debajo del mismo.

Ello constituye claramente un antagonismo, a nivel foliar, entre el comportamiento de los dos elementos, que podría estar relacionado con la composición del suelo. Es posible, por tanto, que los árboles crecidos en este suelo hayan desarrollado un sistema de adaptación a estos niveles de nutrientes y, por ello, estén algo apartados de los intervalos de la Tabla XXVI que hemos tomado como patrón de comparación.

Después de realizado este segundo tratamiento se apreciaron -- bastantes hojas con los bordes resecos y ligeramente pardos.

El total de macronutrientes (Tablas LXXII) se hace inferior en las muestras tratadas a partir de la primera recogida, aunque las diferencias son pequeñas; en esta disminución juega un papel importante -- además del Ca y Mg- el descenso experimentado por el N a partir de dicha fecha.

Las intensidades relativas de distribución de los macronutrien--tes poseen tendencias evolutivas muy similares a las mostradas por la expresión de dichos elementos como porcentaje de materia seca. Las muestras tratadas permiten observar que, a nivel relativo, efectivamente, se produce un aumento en el contenido de K que parece ser a costa del N, Ca y Mg.

Como era de esperar, los micronutrientes en muestras tratadas -- tienen un contenido total superior a los testigos, debido al fuerte incremento detectado para el Zn. Las intensidades relativas de distribución están totalmente mediatizadas por la subida del Zn, de tal manera que vacían de contenido la comparación entre muestras testigo y tratadas.

6.5.1.2.- Equilibrios ternarios

Las muestras testigo manifiestan una pequeña distorsión N-K, en los valores obtenidos para el equilibrio N-10P-K, es decir, que, aunque -- en pequeña escala, existe un detrimento en el índice del N ocasionado por

TABLA LXXIV

Ciruelos. Segundo año de experiencias (1979). Tratamiento segundo. Valores para equilibrios ternarios

Recogida	N-10P-K						K-Ca-Mg					
	Testigos			Tratadas			Testigos			Tratadas		
	N	10P	K	N	10P	K	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
1ª	47	31	22	41	30	29	32	55	13	47	43	10
2ª	47	31	22	39	29	32	32	55	13	47	43	10
3ª	46	30	24	38	28	34	33	54	13	48	42	10
4ª	46	30	24	40	26	34	33	54	13	46	44	10

un pequeño exceso de K. Los valores del P, por el contrario, se ajustan perfectamente a los teóricos (Tabla LXXIV).

En las muestras tratadas se apreciaba muy nitidamente que se incrementa el desequilibrio que acabamos de apuntar, mostrándose ya, de una manera muy clara, valores bajos para el P.

El desequilibrio entre los tres cationes básicos mayoritarios tiene unos índices, en muestras testigos, que consideramos totalmente normales dentro del amplio intervalo de normalidad que ya hicimos constatar al introducir el uso de este equilibrio. En las muestras tratadas, este equilibrio exhibe una distorsión que se centra, fundamentalmente, en la pareja K-Ca, ya que son los índices correspondientes a estos dos elementos los que se alejan, por exceso en el primer caso y por defecto en el segundo, del intervalo de normalidad elegido.

Este equilibrio pone de manifiesto, una vez más, el antagonismo entre los pares K-Ca y K-Mg, siendo en esta ocasión el primero de ellos el que parece mostrar un antagonismo más fuerte.

De la aplicación de estos dos equilibrios a macronutrientes, se deduce que las muestras que han sido tratadas con productos plaguicidas muestran un estado nutritivo inferior al de los correspondientes testigos. De nuevo, surge la falta de concordancia entre el diagnóstico según el criterio de la zona óptima, por un lado y, la aplicación de los equilibrios ternarios, por otro.

Tal y como ya hemos hecho constar en el epígrafe que antecede, existe una discordancia clara en lo referente al diagnóstico del Mg y, sobre todo, del K -además del N y Ca-. Es posible, por tanto, que, como ya quedó indicado allí, los intervalos óptimos tomados como referencia para estos dos cationes no sean los adecuados para el conjunto suelo-planta con el que nosotros hemos trabajado.

6.5.2.- Cerezos

6.5.2.1.- Zona óptima

A este fin comparamos con los valores medios de la Tabla XXXIV los datos correspondientes a muestras testigo obtenidos en la tercera - recogida que se encuentran plasmados en las Tablas LXXV y LXXVI para macro y micronutrientes, respectivamente.

Según esto, como ya comentábamos en el tratamiento anterior para este cultivo, ahora, solamente los nutrientes Mn, Cu, y B están dentro de los límites de normalidad.

Los no metales N, P, Y S, aunque algo bajos, se encuentran próximos al límite inferior de la zona óptima, por lo que no se puede indicar que haya una franca deficiencia nutritiva para estos tres macronu--trientes. El Fe posee un contenido bajo, pero no lo suficiente como para indicar, de forma genérica, que el cultivo sea deficiente en este metal (BROWN, 1982). En los cuatro elementos restantes, Ca, Mg, K y Zn, - es de destacar los elevados contenidos de los dos primeros y las concentraciones acusadamente bajas de los dos últimos. Esto puede guardar una fuerte relación, pues es de sobra conocido el antagonismo de los cationes Ca y Mg con el K (MUNSON, 1968); de otro lado, se han descrito acusados sinergismos entre K y Zn (TANAKA, 1972; LOUE, 1978). El exceso de Mg y el defecto de K es un hecho comentado anteriormente para los ciruelos. - Ahora existe un claro incremento en el contenido de Ca, que supera los contenidos de experiencias anteriores, aunque en ellos el Ca siempre ha estado rozando los límites superiores de la zona óptima. Las características del suelo (Tabla XXX) pueden contribuir a este efecto. No creemos que en ello tengan una influencia decisiva las condiciones climáticas - (Tabla LXII) aunque los meses de abril y sobre todo, mayo tuvieron una pluviometría bastante reducida en relación a la media.

TABLA LXXV

Cerezos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del segundo tratamiento del segundo año de experiencias (1979).

Recogida	Concentración foliar en % sobre material seco						TESTIGOS	Porcentaje de cada elemento con relación al total					
							TOTAL						
	N	P	K	Ca	Mg	S		N	P	K	Ca	Mg	S
1ª	2,66	0,138	0,36	2,59	0,87	0,150	6,77	39,3	2,0	5,3	38,2	12,9	2,2
2ª	2,23	0,143	0,35	2,58	0,93	0,148	6,38	34,9	2,2	5,5	40,4	14,6	2,3
3ª	2,16	0,145	0,35	2,93	0,96	0,135	6,68	32,3	2,2	5,2	43,8	14,4	2,0
4ª	1,96	0,140	0,28	3,01	1,03	0,143	6,56	29,8	2,1	4,3	45,9	15,7	2,2
	TRATADAS												
							TOTAL						
	N	P	K	Ca	Mg	S		N	P	K	Ca	Mg	S
1ª	2,44	0,185	1,06	1,71	0,57	0,188	6,15	39,7	3,0	17,2	9,3	9,2	3,0
2ª	2,33	0,163	0,97	1,76	0,59	0,175	5,99	38,9	2,7	16,2	29,4	9,8	2,9
3ª	2,34	0,158	0,97	1,97	0,61	0,168	6,22	37,6	2,5	15,6	31,6	9,8	2,7
4ª	2,17	0,150	0,89	2,07	0,63	0,173	6,08	35,6	2,5	14,6	34,0	10,3	2,8

TABLA LXXVI

Cerezos. Valores medios obtenidos en cada uno de los muestreos tras la realización del segundo tratamiento del segundo año de experiencias (1979).

TESTIGOS

<u>Recogida</u>	<u>Concentración foliar en meq/Kg de material seco</u>						<u>Porcentaje de cada elemento con relación al total</u>				
	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>	<u>TOTAL</u>	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>
1ª	46,9	54,1	6,2	7,8	41,0	156,0	30,1	34,6	3,8	5,1	26,3
2ª	52,3	54,0	6,1	8,3	44,3	165,0	31,7	32,9	3,6	4,8	26,8
3ª	60,2	55,4	6,0	7,8	49,3	178,7	33,7	30,9	3,3	4,5	27,5
4ª	61,2	56,4	5,5	6,9	42,7	172,7	35,4	32,5	2,9	4,1	25,0

TRATADAS

	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>	<u>TOTAL</u>	<u>Fe</u>	<u>Mn</u>	<u>Cu</u>	<u>Zn</u>	<u>B</u>
1ª	49,0	41,2	6,0	251,2	42,6	390,0	12,5	10,7	1,5	64,3	10,7
2ª	48,9	43,6	5,2	316,8	53,1	466,6	10,5	9,2	1,1	67,8	11,3
3ª	50,3	45,0	5,3	340,0	53,1	493,7	10,1	9,1	1,0	68,9	10,8
4ª	49,6	48,6	5,0	329,6	50,3	483,1	10,3	9,9	1,0	68,1	10,5

Cabe la posibilidad, debido a que el suelo es realmente pobre en K, de que se den estaciones alternantes en el contenido foliar de este nutriente. Otra posibilidad es que sean los efectos varietales -- quienes determinen las diferencias en el contenido de K. Así ha sido -- ampliamente demostrado, entre otros, por TITUS y GHOSHEM (1963) y GONZALEZ y col. (1971) en manzanos y por SPENCER y MUÑOZ (1972) en perales.

Las muestras tratadas se puede decir que siguen presentando -- dentro de la normalidad las concentraciones de Mn, Cu y B y mejoran -- sensiblemente las de N, P, K, Ca, Mg y S, de forma que, a excepción de P y K, los demás quedan dentro de la zona óptima.

El Fe posee una concentración foliar inferior a las muestras testigo, con lo que se aleja aún más --por defecto-- de los valores adecuados. Y por fin, el Zn, se encuentra muy por encima de los valores -- indicados en la Tabla XXXIV; de acuerdo con WESTWOOD (1982), sus valores no solamente están en la zona que él denomina "por encima de lo -- normal", sino que entran de lleno en la zona denominada "de exceso".

El estado nutritivo de las muestras tratadas se puede resumir de la siguiente forma:

- Los niveles de macronutrientes se acercan, a excepción del K, a los intervalos óptimos indicados en la Tabla XXXIV.

- Se acentúa la incipiente deficiencia de Fe que mostraban las muestras testigo y se produce un claro exceso en el contenido de Zn.

En esta ocasión sí que aparecieron síntomas visuales, pues a los pocos días de haber realizado el tratamiento bastantes hojas de las partes más bajas de los árboles tratados amarillaron y 15-20 días después del tratamiento cayeron del árbol. Un elevado número de las hojas restantes seguían mostrando cierto color marrón por los bordes.

Las hojas que perdieron su color verde fueron, sin lugar a dudas -debido a su posición-, las que recibieron mayor cantidad de producto plaguicida.

El hecho de que la concentración de Zn foliar se mantenga a lo largo de la experiencia en unos niveles similares y que la sintomatología observada desaparezca, nos hace pensar -en principio- que la concentración hallada para este elemento no sea responsable, al menos directamente, de la clorosis provocada, pues es ampliamente conocido el antagonismo Fe-Zn (LINGLE y col. 1963; AMBLER y col. 1971).

Debe jugar, por tanto, un importante papel el dimetoato, (1553) el cual ha sido aplicado a una concentración del 0,8% (Tabla IX). Es posible que el menor porte de los cerezos haya jugado su papel en esta sintomatología, la cual sólo apareció en ciruelos como una cierta sequedad de bordes, lo que podría estar relacionado con variaciones en la transpiración. De hecho, BORODULINA y BERNATSKAYA (1970) apreciaron que la aplicación de "Rogor", dimetoato (1553) al 0,6% sobre manzanos, alteraba la transpiración de los mismos, reduciendo la movilidad del agua en las hojas y produciendo quemaduras.

En lo que respecta a la intensidad relativa de distribución de macronutrientes, en la Tabla LXXV destaca el hecho de que, cuando los resultados se expresan de esta forma, el N en muestras tratadas se encuentran en mayor proporción que en las muestras testigo, incluso en la primera recogida; cuando la expresión se realiza en forma de contenido medio este efecto aparece justamente al revés. De otro lado, se deja ver muy claramente, al comparar los resultados de las muestras testigo con las tratadas, el antagonismo del K con el Ca y el Mg.

La intensidad de distribución en los micronutrientes, Tabla LXXVI, está totalmente condicionada por la cantidad de Zn detectada, que resulta ser más de 37 veces -como promedio- superior al hallado en muestras testigo.

TABLA LXXVII

Cerezos. Segundo año de experiencias (1979). Tratamiento segundo. Valores para equilibrios ternarios.

<u>Recogida</u>	<u>N-10P-K</u>						<u>K-Ca-Mg</u>					
	<u>testigos</u>			<u>Tratadas</u>			<u>testigos</u>			<u>Tratadas</u>		
	<u>N</u>	<u>10P</u>	<u>K</u>	<u>N</u>	<u>10P</u>	<u>K</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>
1ª	60	31	8	46	34	20	9	68	23	32	51	17
2ª	55	35	10	47	33	20	9	67	24	29	53	18
3ª	54	36	10	48	32	20	9	67	24	29	53	18
4ª	54	38	8	48	33	19	7	70	23	25	58	17

6.5.2.2. Equilibrios ternarios

Se encuentran reflejados en la Tabla LXXVII. Los resultados -- mostrados por estos equilibrios están bastante de acuerdo --en esta ocasión-- con la información suministrada por el diagnóstico basado en la zona óptima. Los dos equilibrios entre macronutrientes, N-10P-K y K-Ca-Mg, ponen de manifiesto una marcada deficiencia en K y, probablemente, como consecuencia de ella, un exceso en Ca y Mg.

Los equilibrios realizados en muestras tratadas poseen, en general, unos índices más acordes con los valores teóricos; se puede decir que se aproximan mucho a éstos. Como en todos aquellos casos en los que el tratamiento introduce algún micronutriente --Zn en concreto--, no hemos realizado el equilibrio ternario correspondiente por considerarlo carente de significado, ya que suponemos como bastante probable el hecho de que no todo el Zn detectado se encuentre en el interior de las células vegetales.

Si prescindimos de los valores encontrados para Fe y Zn y hacemos caso omiso de los síntomas visuales manifestados, tendríamos que admitir que efectivamente, de acuerdo con los datos suministrados por el análisis foliar, el estado nutritivo de las plantas tratadas es mejor -- que el de los testigos. En todo caso, queda muy de manifiesto la alteración que un tratamiento es capaz de producir sobre un vegetal.

7.- PROSPECCION SOBRE LAS ALTERACIONES NUTRITIVAS IMPUTABLES A LOS TRATAMIENTOS.

7.1.- Cambios nutricionales observados no justificados por la composición de los productos utilizados.

En las páginas que anteceden hemos presentado, dentro del estudio realizado para cada tratamiento, una tabla con la composición mineral de los distintos productos constitutivos del mismo y hemos discutido su posible influencia en las alteraciones nutritivas observadas. Así mismo, también se han analizado las peculiaridades y diferencias de comportamiento que, como consecuencia del tratamiento, han presentado las dos especies vegetales estudiadas, involucrándose en ello -a veces- el distinto tamaño o parte de los árboles. Por último, se han nominado claramente aquellas modificaciones nutritivas que no pueden ser atribuidas a la composición mineral del tratamiento aplicado, es decir, que no han sido introducidas con éste, sino que, más bien, parecen originarse como una respuesta del vegetal a los productos utilizados.

De entre estas últimas destaca muy claramente, en cerezos, sobre todo, un incremento en los niveles foliares de Nitrógeno que es bas

tante persistente a lo largo del tiempo. En ciruelos esta respuesta no es tan general como en el caso ya comentado y, desde luego, cuando llega a observarse claramente -50% de los tratamientos realizados- es menos duradera en el tiempo. Sin embargo, dadas las características de los tratamientos, en lo que a tiempo transcurrido se refiere, es probable y hay indicios para ello, (Gráficas 5 y 27), que la respuesta de los ciruelos a los tratamientos recibidos sea la elevación inmediata de la tasa de N foliar para, ulteriormente, responder con un decrecimiento de la misma.

Los incrementos foliares de K y P y el descenso de Mg, son respuestas absolutamente generalizadas de ambos cultivos a los tratamientos plaguicidas realizados, no susceptibles de ser explicados por la composición de los mismos, a excepción, quizás, como ya quedó indicado, del importante aporte de P que supuso la aplicación de "Ultracid 40 E" (meditación, 1454) en el segundo tratamiento del primer año de experiencias y, el realizado por el "Dimetoato 40" (dimetoato, 1553) en el segundo tratamiento del año 1979.

El Ca, a excepción de lo observado en cerezos tras la aplicación del primer tratamiento en cada uno de los dos años de experiencias, se halla claramente disminuido, siendo uno de los elementos más fuertemente afectado por los tratamientos realizados. De acuerdo con DEKOCK y col. (1960) y con CARPENA y col. (1972b), el contenido foliar de este elemento está influenciado por el Fe. Esta influencia se manifiesta nítidamente en nuestros resultados ya que, tal y como se puede apreciar - en las gráficas 8 y 11, 19 y 22, 30 y 33 y 41 y 44, los incrementos de Ca consecutivos a los tratamientos están correspondidos por incrementos de Fe. El tratamiento con polisulfuro de bario (1211) -primero del año 1978- fue el único que supuso un pequeño aporte de Ca; sin embargo, el incremento de Ca, cuando se produjo, siempre coincidió con la introducción de Fe por parte del tratamiento. En la gráfica 41 se puede apreciar que, aunque en el primer tratamiento realizado en 1979, son las --

muestras tratadas las que poseen un mayor contenido de Ca, sin embargo, su acumulación a la largo del tiempo es más lenta que la experimentada por las muestras testigos, y ello determina que ya no existan diferencias de contenido entre ambos tipos de muestras una vez transcurridas tres semanas desde el tratamiento.

Otros cambios nutritivos que, aunque no están absolutamente generalizados son importantes y no se explican por la composición del tratamiento, radican en las disminuciones de Fe y las alteraciones de los elementos Mn y B.

7.2.- Conotaciones de los cambios nutritivos observados

Según acabamos de indicar, las alteraciones nutritivas más generalizadas experimentadas por los cultivos estudiados, no susceptibles de explicarse por la composición de los productos utilizados, se podrían concretar en los macronutrientes N, P, K, Ca y Mg, con un comportamiento caracterizado por la elevación inicial de N, P, K -sobre todo en cerezos- en la disminución de Ca y Mg como tendencia generalizada, y en las distorsiones producidas por los distintos tratamientos -aunque no siempre en el mismo sentido- sobre los micronutrientes Fe y Mn.

Algunos investigadores como CHABOUSSOU (1964, 1969), SAIMBHI y col. (1979) y EL-LEBOUDI y col. (1974) han detectado, en diversos cultivos tratados con insecticidas, cambios minerales similares a los nuestros, en lo referente a las modificaciones de las concentraciones de los tres cationes básicos mayoritarios; sin embargo, ninguno de estos investigadores ha atribuido a causas específicas y concretas los cambios habidos, aunque CHABOUSSOU (1964, 1969, 1980) hace referencia a que se ve afectada, en forma general, la función de la proteosíntesis en la planta.

En la discusión realizada en los capítulos anteriores acerca del estado nutritivo de los cultivos estudiados quedó puesto de manifiesto



to la falta de concordancia que, en ocasiones, había entre los dos métodos de diagnóstico elegidos para llevar a cabo tal estudio. Ello hace - que, a veces sea difícil definirse acerca de la repercusión -positiva o negativa- que la aplicación de los tratamientos plaguicidas ejerce sobre el estado nutritivo de las plantas. Sin embargo, en la mayoría de - los tratamientos realizados, la contemplación conjunta de ambos métodos de diagnóstico indica la existencia de algún parámetro nutritivo que, o bien resulta distorsionado por la aplicación de los mismos, o bien es - llevado hacia concentraciones que se alejan claramente del intervalo de zona óptima. Es conveniente recordar que, a excepción del primer tratamiento del primer año de experiencias, la visión que nos aporta el método de los equilibrios ternarios, sólo abarca la interrelación existente entre cinco de los macronutrientes esenciales, a pesar de que los métodos de diagnóstico basados en nutrición equilibrada pueden contemplar un mayor número de variables. Hacemos aquí esta observación ya que no - se ha analizado directamente el estado nutritivo de los micronutrientes, aunque es sabido que muchas distorsiones en el metabolismo de éstos repercutirán en los contenidos de los componentes mayoritarios. Por otro lado, según se puso de manifiesto en la Introducción, la nutrición equilibrada no solamente debe quedar caracterizada por la obtención de un - adecuado equilibrio entre la concentración de determinados nutrientes, sino también por una adecuada Intensidad de los mismos. Con ello y con lo que ya quedó indicado en los dos capítulos anteriores, queremos subrayar que aunque los índices obtenidos en los equilibrios ternarios correspondientes a los segundos tratamientos de cada uno de los dos años de experiencias llevados a cabo sobre cerezos, revelan una mejoría en - el estado nutritivo de tales árboles, sin embargo, cabe la posibilidad de que puedan esconder tras sí alguna alteración metabólica.

En el apartado anterior hemos indicado que, a excepción de aquellos tratamientos que supusieron un aporte de Fe -como impureza o contaminación-, el contenido de este elemento resultó disminuido por todos -

los tratamientos llevados a cabo; en la mayoría de los casos, también le ocurrió igual al Mn.

Al generalizar los hechos observados, basándonos en el número de veces que se producen los mismos, encontramos una gran similitud entre los resultados encontrados por nosotros y las modificaciones nutritivas experimentadas por plantas que padecen clorosis férrica inducida por suelos calizos. Como analizaremos posteriormente, este tipo de distorsiones nutritivas puede estar originado también por la deficiencia de otros oligoelementos, aunque sea el Fe el que los produce con mayor intensidad.

Surge así, tras esta observación, la posibilidad de que los tratamientos plaguicidas analizados incidan negativamente sobre el metabolismo del Fe y, aunque ello no se manifieste con la suficiente intensidad como para producir síntomas visuales --a excepción del segundo tratamiento del año 1979, sobre el que incidiremos posteriormente--, es posible que la acumulación de tratamientos pesticidas sin un aporte concomitante de micronutrientes, pueda llegar a producir serios problemas de índole nutritivo.

Esta hipótesis de alteración metabólica, que será analizada y discutida en los apartados siguientes, está en consonancia con la idea de CHABOUSSOU (1980) de que determinados tratamientos plaguicidas pueden afectar la síntesis de la planta. Ya en 1945, BENNETT encontró que la deficiencia de Fe producía una acumulación de aminoácidos y un descenso en la tasa de N-proteico; estos efectos han sido comprobados por diversos investigadores, entre los que se puede citar a ILJIN (1951a) - NAVARRO y col. (1972, 1976), CARPENA y col. (1972c), LABANAUSKAS y HAN- DY (1970), SILVA y col. (1968) y STEWART (1962). Algunos de estos han comprobado que la deficiencia de Mn altera el metabolismo de N en el sentido indicado, pero, como ya ha sido dicho, en menor cuantía que la deficiencia de Fe.

En la revisión bibliográfica se recogieron diversas citas que evidenciaban la alteración producida por diversos productos plaguicidas en alguna de las etapas del metabolismo del N.

Por otro lado, existen algunos pocos precedentes bibliográficos que manifiestan la acción de determinados plaguicidas -concretamente -- herbicidas- como sustancias capaces de inducir o incrementar síntomas - de clorosis férrica. Estos trabajos, aunque estudian un tipo de sustancias que están fuera de los límites que nos hemos fijado, serán comentados sucintamente con posterioridad. Solamente conocemos un trabajo, debido a YUKIMOTO e ISHITANI (1981), en el que se describe cómo algunos - insecticidas órganofosforados han sido capaces de desarrollar ciertos - síntomas de clorosis y alteración del contenido de N en hojas de plantas de soja.

Basados en los antecedentes descritos, continuaremos nuestro estudio profundizando, primero en las distorsiones nutritivas de la clorosis férrica y comprobando, después, el estado nutritivo de nuestros cultivos. Para ello, utilizaremos algunos indicadores inorgánicos extraídos de la literatura científica especializada.

7.3.- Alteraciones nutritivas de las plantas con deficiencia de hierro inducida por suelos calizos

7.3.1.- La clorosis férrica y sus causas

La clorosis se puede definir como una disminución en el contenido de la clorofila de las plantas, pudiendo estar originada por factores tales como: luz, temperatura, factores hereditarios, acción de patógenos y desórdenes nutritivos (LINDNER y HARLEY, 1944). Dentro de estos últimos, las perturbaciones en la nutrición del Fe son, probablemente, las causas más comunes que originan clorosis.

La clorosis férrica se ha observado en plantas cultivadas, tan

to en suelos ácidos como alcalinos, aunque es generalmente en estos últimos donde se da con mayor profusión. Las clorosis desarrolladas en -- suelos ácidos suelen estar producidas por suelos con un elevado contenido en metales pesados, los cuales inhiben la absorción del Fe. (REUTHER y SMITH, 1952a, b; SMITH y SPECHT, 1952).

En suelos alcalinos, la llamada "clorosis inducida por suelos calizos" fué asociada originariamente a un alto contenido de carbonato cálcico en el suelo, el cual sería el responsable de la elevación del - pH del mismo y, por tanto, de que la planta no pudiese absorber el Fe.- Sin embargo, cuando diversos trabajos pusieron de manifiesto que el Fe contenido en plantas cloróticas y normales, crecidas en este tipo de -- suelos, era básicamente el mismo, no se pudo generalizar esta hipótesis y la única explicación posible fue que el Fe presente en las plantas -- cloróticas estuviese inactivado (LINDNER y HARLEY, 1944).

El Fósforo juega también un importante papel en el desarrollo de la clorosis férrica. OLSEN (1935) observó que las hojas de las plantas cloróticas contenían, invariablemente, más P que las normales y mantuvo la opinión de que el Fe era inmovilizado como fosfato férrico insoluble. También observó que el pH jugaba un importante papel en los cultivos hidropónicos, pues para valores comprendidos entre 6 y 7 las plantas absorbían más fosfatos y se hacían cloróticas fácilmente, lo que no sucedía para valores inferiores o superiores a los indicados. Aunque - BIDDULPH (1953) y AYED (1970) han puesto de manifiesto que en medios de cultivo con concentraciones elevadas de P, el fosfato férrico puede precipitar sobre la raíz, parece ser que la clorosis es debida a la inmovilización interna del Fe, ya que REDISKE y BIDDULPH (1953) y MILLER y -- col. (1960), entre otros, han detectado fosfato férrico precipitado en el sistema vascular de la hoja.

THORNE y col. (1950) propusieron las siguientes hipótesis para explicar la clorosis férrica:

- 1) Un pH elevado y cantidades elevadas de caliza pueden hacer --

al Fe del suelo ~~menos~~ disponible a las plantas.

- 2) Una humedad elevada, aireación escasa y temperaturas frías, perturban el metabolismo de la planta y pueden originar inactivación del Fe.
- 3) Precipitación del Fe por medio de los fosfatos, ya sea en el suelo o en los tejidos de la planta.
- 4) Altos contenidos de Mn en el suelo o en la planta pueden -- oxidar al Fe hasta hacerlo inactivo.
- 5) Excesivas cantidades de K en las hojas pueden desplazar al Fe de determinadas enzimas interrumpiendo algunos procesos metabólicos.
- 6) Un desequilibrio catiónico puede impedir actividades de sín tesis con una anormal acumulación de determinados ácidos or gánicos y un incremento de N soluble a expensas de protei-- nas insolubles.
- 7) Las condiciones del suelo y de las plantas asociadas a un - exceso de caliza, favorecen la oxidación del Fe a la forma férrica menos activa y su fijación en compuestos de poca actividad biológica.

Estos autores concluyen que ninguno de los puntos anteriores - explica por sí solo los hechos experimentales observados. Incluso des-- pués de varias décadas de investigación, la causa exacta de la llamada "clorosis inducida por suelos calizos" no es conocida con certeza (CHEN y BARAK, 1982).

Hoy día siguen vigentes como iniciadores o causantes de este - proceso los factores enunciados por WALLACE y LUNT (1960). Estos auto-- res, indican que los siguientes factores, solos o en combinación, con-- tribuyen directa o indirectamente al comienzo de la clorosis. a) Poco - Fe disponible; b) Suelos con carbonato cálcico; c) Suelos o aguas de --

irrigación con elevado contenido de bicarbonato; d) exceso de agua en el suelo, especialmente en suelos arcillosos; e) alto contenido de fósforo en el suelo; f) contenidos elevados de metales pesados, tales como manganeso, cobre y zinc; g) temperaturas extremas; h) fuertes intensidades luminosas; i) niveles elevados de nitratos; j) relaciones catiónicas desequilibradas; k) poca aireación; l) adición de determinados compuestos orgánicos del suelo; ll) virosis, y m) raíces dañadas por acción de nematodos o de otros organismos.

El papel que juega el bicarbonato en la inducción de la clorosis férrica recibió una amplia atención a lo largo de un periodo de tiempo y, recientemente, ha sido objeto de una detallada revisión por CHANEY (1984).

7.3.2.- Alteraciones nutritivas

Respecto a las alteraciones nutritivas que caracterizan el proceso que nos ocupa, BROWN (1957) indicó que los nutrientes que más comúnmente aparecen involucrados son N, P, K y Ca. A veces también se asocia el Mg y, en otras ocasiones, sólo se encuentra alterado alguno de ellos. Según ya se ha indicado anteriormente, el Fe no siempre se halla deficitario en las hojas cloróticas, sino que a veces, sus niveles han sido similares e incluso superiores a los obtenidos en hojas sanas (OSERKOWSKY (1933); LINDNER y HARLEY (1944); ILJIN (1953); MEHROTRA y col. (1976), DEKOCK (1981), entre otros).

CARPENA (1966) y LLORENTE (1966) comprobaron que árboles de CITRUS, cultivados en suelos calizos y presentando síntomas de deficiencia en Fe, tenían incrementados -con relación a los árboles normales- los contenidos de N, P y K y disminuidos los de Ca y Fe.

HELLIN y col. (1976, 1980) indican que muestras foliares de limoneros Verna mostrando deficiencia de Fe, poseen concentraciones de Fósforo superiores a los obtenidos en hojas normales. Estudiando la in-

cidencia de la clorosis férrica sobre seis distintas fracciones de fósforo, encontraron que la fracción que se hallaba más claramente alterada era la correspondiente a los fosfatos inorgánicos.

PANTEA y col. (1973) han encontrado aumentados, en cerezos con síntomas de clorosis, los contenidos de N, P, K y disminuidos los de Ca. Los autores relacionan estas distorsiones con una formación insuficiente de glúcidos.

También en cerezos, HARTMANN (1979) ha descrito una disminución en los niveles de Fe, Mn y Ca y elevación en P y K en muestras foliares pertenecientes a árboles cloróticos. El autor opina que estas manifestaciones cloróticas son debidas a un elevado contenido de P en el suelo.

ARNOLD y THOMPSON (1982) encontraron, en arándanos con síntomas característicos de deficiencia en Fe, valores normales para Ca. El análisis del suelo no mostró ningún factor como causa directa de la clorosis. Los autores opinan que ésta es debida a inactivación de Fe por exceso de P.

NIJENSONHN y col. (1969) han encontrado, en álamos cultivados bajo condiciones de vivero y con síntomas de clorosis, aumentos de más del doble en el contenido de K y disminuciones muy marcadas de Ca y Mg respecto de los árboles normales.

CARPENA y col. (1972, 1976) abordaron el estudio de la disminución de Ca observada en CITRUS crecidos con deficiencia inducida de Fe en suelos calizos. Establecieron que más de la mitad del Ca contenido en hojas fisiológicamente normales se encuentra en la estructura anatómica de las mismas en forma de sales insolubles. El resto, corresponde, en su mayor parte, a la fracción soluble contenida en su jugo vacuolar, ya que las otras dos fracciones determinadas, Calcio ligado y Calcio inorgánico insoluble, constituyen fracciones realmente pequeñas de este elemento. El descenso de Ca observado en las hojas de limoneros defi---

ciente en Fe estuvo determinado por las dos fracciones mayoritarias citadas, lo que indicaba -según los autores citados- un descenso de efectividad en los procesos de absorción y translocación del macronutriente, quedando, de esta forma, puesta de manifiesto la influencia del Fe en los procesos de absorción y acumulación del Ca foliar. En este sentido DEKOCK y col. (1960) demostraron que cuando hojas de plantas de mostaza deficientes en Fe fueron pulverizadas con EDTA-Fe, el análisis de las mismas indicaba un incremento apreciable en el contenido de Ca y una -- sensible disminución en el de P. El K se incrementó casi imperceptiblemente. Los autores indican claramente que las plantas que crecen en suelos calcáreos contienen generalmente menos Ca porque la absorción de Fe está comprometida. Así mismo destacan, que existe una estrecha relación entre el metabolismo del Fe y el de P.

Hace ya muchos años que está descrito, como signo de identificación muy característico, que las plantas cloróticas poseen un mayor nivel de K foliar y un menor contenido de Ca -o al menos un notable incremento en la razón K/Ca- que aquellas otras plantas de su misma especie y variedad desarrolladas en ausencia de signo de anormalidad fisiológica (WALLACE, 1928; THORNE y WALLACE, 1944; McGEORGE, 1948; LINDNER y HARLEY, 1944; ILJIN, 1953; MEHROTRA y col. 1976; DEKOCK, 1955a, 1960, 1964 y WALLACE y MUELLER, 1980, entre otros muchos, aunque a veces tengan un contenido similar de Fe. LINDNER y HARLEY (1944) estudiaron la -clorosis férrica desarrollada en árboles frutales, fundamentalmente de la familia de las ROSACEAS, cultivados en terrenos calizos, no encontraron correlación significativa entre el grado de clorosis y los contenidos de P y Fe; sin embargo, hallaron una correlación positiva entre los síntomas visuales y el contenido foliar de K, por lo que concluyen que el alto contenido en K inactivaría la acción del Fe en la formación de la clorofila.

HAMZE y WACQUANT (1984) han estudiado algunas particularidades sobre absorción, transporte y acumulación de los cationes K, Ca y Fe en

injertos de cítricos resistentes a la clorosis férrica (calcícolas) y - sensibles a la misma (calcífugas). Han encontrado que, en medios de cultivo no clorosantes, el contenido de K, tanto en savia xilemática como en órganos, es mayor en plantas calcífugas que en calcícolas, mientras que el contenido de Ca es menor. En medios clorosantes se da la situación inversa: las plantas calcífugas cloróticas absorben menos potasio y más calcio que las calcícolas. Pero, paradójicamente, las hojas cloróticas tienen incrementados los niveles de K y disminuidos los de Ca; -- también contienen menos Fe activo. Estos autores sugieren la existencia de un bloqueo en la exportación del K foliar, originado por una disminución del fotosintetizado, provocado por una insuficiencia de Fe. Una interesante hipótesis acerca del mecanismo que podría inducir este característico comportamiento del K y Ca foliar fue enunciado por RHOADS y WALLACE (1960). En él juega un importantísimo papel el efecto del CO_3H^- -- como inductor de la fijación oscura de CO_2 en la raíz de estas plantas, lo que daría lugar a un incremento de los ácidos orgánicos en la raíz, los cuales podrían explicar el incremento de Ca observado --fundamentalmente como oxalato cálcico por los autores citados y por WALLACE y MUELLER (1980), entre otros, en las raíces de las plantas crecidas en medios ricos en bicarbonatos . Son bastantes los autores que han detectado acumulación de ácidos orgánicos en las raíces de plantas cloróticas (BEDRI y col., 1960; SCHEFFER y col. 1965; BROWN y AMBLER, 1970; BROWN y col., 1971; VENKAT-RAJU y col., 1972).

CARPENA y col. (1976) dicen textualmente: "... los estados deficiarios de hierro en campo provocan un aumento considerable de ácidos orgánicos, componentes capaces de transportar otros elementos como el - potasio, siendo éste un proceso más que liga los bajos valores de calcio con los altos contenidos de potasio en las hojas".

La hipótesis de RHOADS y WALLACE está totalmente en línea con los hallazgos de MCGEORGE (1949) quien estudiando el comportamiento de diversas plantas en la clorosis inducida por suelos calizos, observó dis-

tinto comportamiento en monocotiledóneas y dicotiledóneas. En estos últimos y en particular en árboles frutales de hoja caduca -entre ellos - el ciruelo- y en los cítricos, encontró que las hojas con síntomas de - clorosis contenían menos ácido oxálico, menos Fe activo y más ácido cítrico que las hojas no cloróticas.

MEHROTRA y col. (1976) han recogido una amplia bibliografía que corrobora como síntomas nutritivos característicos de la deficiencia inducida de hierro: incrementos en K y P y disminuciones en Ca y Mg. No obstante, algunos autores, como SHPOTA (1967) e ILJIN (1952, 1953) han detectado incrementos para los dos cationes básicos divalentes.

El estudio del S ha recibido poca atención en plantas con deficiencia inducida de Fe, pero SHPOTA (1967), ha apuntado que este elemento se incrementa en plantas con síntomas de clorosis férrica.

Respecto de los micronutrientes esenciales, no parece existir una pauta de comportamiento claramente establecida para aquellos vegetales que padecen deficiencia inducida de hierro. No obstante, algunos trabajos (ROMERO y ALVAREZ-TINAUT, 1984; MEHROTRA y col., 1976) parecen apuntar hacia un incremento en la concentración foliar del Zn en plantas -- que padecen este tipo de deficiencia; sin embargo, es importante reseñar que esto podría estar originado por un sinergismo de este micronutriente con el K, pues LOUE (1978) describió la existencia de una interacción positiva entre estos dos nutrientes.

Por otro lado, SMITH y col. (1950) y AHMAD y TEWFIK (1956) en cítricos y perales, respectivamente, han encontrado decrecidas las concentraciones foliares de Mn. LEEPER (1941) y SHERMAN (1943) revisaron la influencia que los suelos calizos ejercían sobre el Mn y consiguieron que la cal fijaba este elemento e impedía su asimilación por parte de la planta. Sin embargo, estos resultados no se dan siempre (ILJIN, 1953; MEHROTRA y col., 1976).

Algunas especies de plantas incrementan sus niveles de B cuando padecen clorosis férrica (ILJIN, 1953; MEHROTRA y col. 1976). El primero de estos autores indica que la acumulación foliar de B, observada en plantas cloróticas de caña de azúcar, no parecía depender del porcentaje de cal en el suelo de cultivo, sino de la desarticulación del poder selectivo de la planta, causada por la enfermedad.

Del trabajo de MEHROTRA y col. (1976) se deduce que es bastante usual el que una verdadera deficiencia de Fe -distinguiendo la verdadera de la inducida- vaya acompañada por una elevación en la concentración de Cu.

De otro lado, se sabe que elevados contenidos de micronutrientes en suelos y/o plantas, a excepción del Fe, pueden inducir clorosis férrica y, aunque las plantas pueden ser más o menos susceptibles a unos u otros, parece ser que el Cu es uno de los que más directamente producen tal efecto (BROWN, 1956, 1961).

Las plantas afectadas de clorosis férrica poseen, generalmente, un mayor contenido de N que aquellas otras que no lo están. (BENNETT, -- 1945; BUSLOVA, 1948; ILJIN, 1951a).

El investigador citado en último término estudió el metabolismo del N en hojas de plantas normales y cloróticas pertenecientes a 17 especies vegetales entre las cuales estaba incluido el cerezo. Como norma general, encontró un considerable aumento en el NITROGENO TOTAL (N-Kjeldahl) de plantas cloróticas. Algunas especies, entre las que incluye el cerezo, mantenían estos niveles superiores de N desde el inicio hasta el final de la estación. Otras especies, tales como distintas variedades de perales o las lilas (*Syringa vulgaris*), aunque al comienzo de la estación mostraban un mayor contenido de N, éste descendía a lo largo de la misma más aprisa que en las hojas sanas y, pasado el tiempo, las hojas cloróticas poseían un menor contenido que las normales manteniéndose en esta forma hasta finales del periodo vegetativo, allá por octubre.

Esta tendencia la mostraban, fundamentalmente, las hojas que sólo poseían ligeros síntomas de clorosis. Al primero de estos comportamientos podemos adscribir los resultados obtenidos por nosotros en cerezos -resultados plenamente coincidentes con los de ILJIN para este árbol frutal- y, al segundo, los obtenidos en ciruelos. Según este mismo autor, las muestras cloróticas también presentaron un mayor contenido en NITRÓGENO SOLUBLE. Este tipo de N mostraba sus máximas diferencias, con respecto a las hojas sanas, al comienzo de la estación, reduciéndose posteriormente a lo largo de ella. No se encontraron cambios en la fracción amónica. Asimismo, se detectó que más de un 50% del N-soluble no podía pasar a la forma insoluble. ILJIN (1943) indicó que las plantas cloróticas poseían un mayor contenido de N soluble, como consecuencia, probablemente, de la desintegración de las proteínas. Esta es también la opinión mantenida por MARTIN (1974). En general, está demostrado que la deficiencia en oligoelementos origina un aumento de compuestos nitrogenados solubles, junto a una disminución de la síntesis proteica, siendo la deficiencia en Fe la que provoca las mayores discrepancias respecto a la normalidad (NAVARRO y col., 1976). BENNETT (1945) consideró que el aumento en el contenido de aminoácidos era el síntoma más típico de las plantas deficientes en Fe. Otros investigadores, como DEMETRIADES (1956), HOLLEY y CAIN (1955), CAIN y HOLLEY (1955), DEKOCK y MORRISON (1958a) y WALLACE y col. (1976b) han demostrado un elevado contenido de aminoácidos en plantas con deficiencia de hierro originada por causas diversas.

WEINSTEIN y ROBBINS (1955) y SHETTY y MILLER (1966) comprobaron que la incorporación de glicina exógena a las proteínas celulares era prácticamente nula en plantas deficientes en hierro, lo que parece confirmar la idea de que la deficiencia de este oligoelemento inhibe la --proteinogénesis, y que la fracción aminoácida colabora sustancialmente en la elevación de las tasas de nitrógeno soluble en las hojas cloróticas.

SANCHEZ-RAYA y LEAL (1972), en su revisión acerca de la función del Fe en las plantas superiores, recogen algunas citas acerca de la presencia de mataloenzimas que contienen Fe en algunas etapas de la asimilación de los nitratos. SMITH (1984) reseña los enzimas que contienen Fe, incluyendo nitrato-reductasa, nitrito-reductasa y ferredoxina. Este último juega un importante papel en la reducción fotosintética de los nitratos (LOSADA y GUERRERO, 1979). ALCARAZ y col. (1984) han confirmado la influencia del Fe en la síntesis de la ferredoxina y proponen esta enzima como un parámetro para evaluar el estado nutricional respecto al Fe en hojas de CITRUS.

MARTIN (1974) y ALCARAZ y BANET (1976) han encontrado evidencia experimental de que la deficiencia de Fe inhibe o decrece la intensidad de reducción de nitratos.

7.4.- Parámetros inorgánicos representativos del estado nutricional de una planta respecto a su contenido en hierro.

Parece lógico que lo primero que se debe hacer cuando se quiere determinar el estado nutricional de una planta, respecto a un determinado nutriente, es cuantizar el contenido de ese elemento en el tejido más adecuado para dicho fin. Ello requiere, previamente, haber fijado los márgenes de deficiencia, normalidad, exceso y toxicidad, así como conocer la dinámica del elemento, a lo largo del ciclo de la planta, con objeto de perfilar con mayor precisión el diagnóstico nutricional en la época de realización del muestreo.

No todas las plantas poseen los mismos niveles de Fe. Además, este elemento tiende a acumularse en las hojas a medida que van envejeciendo.

En las Tablas XXVI y XXXIV de esta memoria están plasmados los valores considerados normales por distintos investigadores en diversas variedades de CIRUELOS y CEREZOS. Esos valores provienen de muestreos realizados hacia mediados del verano, según ya quedó indicado.

BROWN (1982), haciendo abstracción tanto de especies vegetales como de fechas de muestreo y moviéndose dentro de unos amplios márgenes recoge los siguientes datos para el contenido foliar en Fe, referidos a material seco:

10 - 30 $\mu\text{g/g}$: deficiencia

60 -300 $\mu\text{g/g}$: normalidad

400-1000 $\mu\text{g/g}$: toxicidad

Distintos investigadores han demostrado una estrecha correlación entre el contenido total de Fe y el grado de clorosis (JACOBSON, 1945; WALLIHAN, 1955; TERRY, 1980; HARIVANDI y BUTLER, 1980), cuantizando éste a través de la determinación del contenido en clorofila.

Sin embargo, en contraposición con lo anterior, numerosos trabajos han puesto de manifiesto que las hojas cloróticas pueden contener - incluso más Fe que las hojas sanas, en cuyo caso no se dará la correlación antes mencionada (OSERKOWSKY, 1933; DEKOCK, 1955a; BAR-AKIVA, 1964; DEL RIO y col., 1978; CARTER, 1980; KAYTAL y SHARMA, 1980).

Para explicar esta controversia, OSERKOWSKY (1933) desarrolló la idea de que sólo una pequeña parte del Fe contenido en los vegetales es metabólicamente activo, y definió esta fracción como una porción del Fe susceptible de ser extraído con ácido clorhídrico 1N.

En este mismo contexto, LLORENTE y col. (1973) denominaron "hierro soluble" a aquella fracción del hierro total que se supone asociada con la actividad metabólica del elemento. Algunas variaciones acerca -- del extractante han sido utilizadas por DEKOCK y col., 1979; KNEZEK y MAIER, 1966; KATYAL y SHARHA, 1980 y BOOS y col., 1983.

En la búsqueda tendente a encontrar parámetros que midieran los estados deficitarios de Fe en las plantas, se han utilizado y se utilizan razones entre nutrientes que se caracterizan por sufrir cambios nítridos y generalizados en las plantas afectadas de clorosis.

En este sentido la razón K/Ca fué utilizada como un indicador de la clorosis inducida por suelos calizos por LINDNER y HARLEY (1944) y por BENNETT (1945). Las hojas cloróticas mostraban siempre valores mayores para esta proporción a los mostrados por las hojas sanas, siendo comprobado ampliamente por ILJIN (1952, 1953); SIDERIS y YOUNG (1949), DEKOCK (1955b); THORNE y col. (1951), CHAPMAN y BROWN (1950); SMITH y col., (1950) y HIGDON (1957), entre otros.

NORTH y WALLACE (1952) encontraron, en estudios realizados sobre aguacates, que una elevada absorción de nitratos era capaz de desarrollar una clorosis férrica sugiriendo el uso de la razón Fe/N como indicador de la deficiencia de hierro. CHEN y BARAK (1982) apuntan que el éxito diagnóstico de esta razón, en plantas susceptibles de desarrollar clorosis en medios enriquecidos en nitratos, puede explicarse por un aumento en la absorción de nitratos que causa un desequilibrio en la razón cationes/aniones y una exudación mayor de bicarbonato en la rizosfera, con la subsiguiente dificultad en la absorción del Fe, lo que se traducirá en una disminución de la razón Fe/N.

DEKOCK (1955a) indicó que el análisis del contenido total de Fe era insuficiente y conflictivo en los estudios de clorosis, debido a que -según ya hemos comentado- los niveles de hierro encontrado en las cenizas de las hojas cloróticas era, con frecuencia, similar e incuso superior al de las hojas sanas. Una vez que OLSEN (1935) demostró la importancia que tenía el P en determinados tipos de clorosis, DEKOCK y STRMECKI (1954) propusieron la razón P/Fe como un medio de diagnóstico superior a la determinación del Fe total en la evaluación de la clorosis férrica.

DEKOCK y HALL (1955) y DEKOCK (1956) demostraron que las plantas cloróticas poseían, indefectiblemente, valores superiores a los obtenidos en plantas normales para las razones P/Fe y K/Ca, y que ello se cumplía tanto si la clorosis férrica era inducida por suelos calizos co

mo si lo era por verdadera deficiencia de Fe, por toxicidad causada -- por metales pesados o por factores genéticos o virásicos. Dichos cocientes disminuyen paralelamente a medida que aumenta la edad de la hoja. - (DEKOCK, 1964).

Respecto al éxito obtenido por la razón P/Fe, como parámetro - indicador de deficiencia de Fe, CHEN y BARAK (1982) han indicado que la exudación de iones bicarbonato por la raíz puede reducir el Ca soluble en la rizosfera, incrementando así las concentraciones de P cercanos a la superficie de las raíces y causando un incremento en la absorción -- del mismo.

DEKOCK y col. (1960) verificaron una muy estrecha correlación entre el metabolismo del Fe y del P. Debido a que el Fe-férrico puede - ser almacenado en forma de fosfoproteínas, indicaron que la razón P/Fe puede llegar a constituir una medida del balance férrico-ferroso de la célula, así como la existencia de una correlación inversa entre dicha razón y la cantidad de iones ferrosos en el tejido foliar.

Otros dos elementos muy claramente implicados en la distorsión mineral originada por la clorosis férrica son el N y el K. CLARK (1968) demostró que la razón N/K reflejaba muy bien estados deficitarios de - Fe, los cuales se caracterizan por la disminución de dicho cociente. - Esta medida indirecta de la deficiencia de Fe puede estar basada en el antagonismo Fe-K demostrado por DEKOCK y col (1960) y TANAKA y col. -- (1972), entre otros. La disminución de la razón N/K no indica que el N disminuya, sino que el K aumenta en mayor cuantía que el N. Un aumento en el contenido de N no siempre está correlacionado con un incremento en el contenido de N proteico (REED y col., 1960). De hecho, ya hemos indicado que ILJIN (1951a) verificó un aumento del N-soluble en plan-- tas cloróticas. De otro lado, HOFFMAN y SAMISH (1971) han descrito para árboles frutales, que el N foliar no proteico está incrementado -- cuando se dan niveles elevados de K. Estos autores no dan zonas de normalidad y

exceso para este último elemento, ya que opinan y, de hecho, han demostrado que la concentración de K fisiológicamente óptima puede diferir - con la constitución genética de la planta y con las condiciones del medio ambiente. Por ello, este parámetro lo fijan mediante un método bioquímico indirecto.

El aumento del N- no proteico es un síntoma característico de la deficiencia de Fe, según BENNET (1945); SANCHEZ-RAYA y LEAL (1972) y DEKOCK y MORRISON (1958a). Por todo ello, pensamos que el cociente N/K puede ser un buen indicador de la deficiencia de Fe.

El "índice de Fe" es un parámetro introducido por PIJOAN (1977) para diagnosticar la deficiencia de este elemento en árboles frutales - antes de que aparezcan los síntomas visuales, es decir, como instrumento de diagnóstico precoz. Su cálculo se realiza mediante la expresión:

$$I. Fe = \frac{(10P + K).50}{Fe \text{ ppm}}$$

y, según el autor, su valor óptimo debe ser la unidad. Sin embargo, trabajos posteriores, realizados por MAZUELOS y col., (1979); SORIA y col., (1982) y GUZMAN y col., (1984) parecen indicar que la normalidad estaría representada por valores levemente superiores, sobre todo al comienzo -- del ciclo vegetativo.

PIJOAN (1977) relaciona el contenido de Fe de una planta con - el P y K como principales antagonicos . Según este autor, el exceso de uno u otro impedirá el transporte o la absorción del Fe con la consi--- guiente deficiencia mas o menos acusada del mismo.

SOMERS y SHIVE (1942) demostraron la importancia que la razón Mn/Fe podía tener en diagnosticar determinadas deficiencias de Fe. La - clorosis aparecía cuando la razón era muy alta -lo que indicaba toxicidad por Mn-. DEKOCK e INKSON (1962) pusieron de manifiesto que, en cul-

tivos hidropónicos de plantas de mostaza, el Mn foliar estaba muy influenciado por el nivel de Fe en el medio de cultivo, decreciendo áquel cuando aumentaba éste. En estas condiciones -variaciones de las concentraciones de Fe en el medio de cultivo- P/Fe, K/Ca y Mn/Fe variaban en la misma dirección. MORAGHAN (1979) han comprobado que la razón Mn/Fe se incrementa notablemente en algunas especies crecidas en medios con poca disponibilidad de Fe, pero que dicha elevación no es universal.

BROWN y col., (1959) y ERKAMA (1950) han utilizado la razón $(Mn + Cu)/Fe$. WATANABE y col. (1965) utilizaron con éxito las razones P/Zn y Fe/Zn para explicar los efectos negativos observados sobre la cosecha de maíz y judías crecidas en soluciones nutritivas con concentraciones variables de nutrientes.

El cociente Cu/Fe también ha sido usado en virtud del antagonismo que el Cu -al igual que el Mn y el Zn- posee con el Fe. En general, todas las razones en las que intervienen metales pesados pueden sufrir variaciones importantes cuando dichos metales estén disponibles en grandes cantidades en los medios de cultivo. (MEHROTRA y col., 1976).

Por último, diremos que el equilibrio ternario Fe-Mn-Zn, que ya hemos comentado y utilizado ampliamente, es un medidor del Fe-total frente a los totales de Mn y Zn.

7.4.1.- Conexiones fisiológicas y bioquímicas de algunos de estos parámetros.

Acabamos de indicar al final del apartado anterior una serie de razones o proporciones utilizadas en el diagnóstico de la deficiencia de Fe que sólo ven realmente alterado su valor cuando cambia la composición o la concentración de determinados nutrientes en el medio de cultivo.

No es este nuestro caso. Ya hemos indicado que la composición de los productos plaguicidas utilizados podría justificar algunas alte-

razones observadas, pero nunca todas ellas; además, nuestros árboles - no cambian de medio de cultivo. Por ello, para profundizar en el estado nutritivo de las plantas, respecto del Fe, sólo utilizaremos algunas de las razones indicadas, precisamente, aquéllas cuya variación puede indicar verdaderos cambios en el metabolismo de la planta.

Tal y como indica WALLACE (1982), DEKOCK ha sido quien ha trascendido el significado de las razones P/Fe y K/Ca y las ha imbricado en el metabolismo de las plantas deficientes en Fe.

Diversos trabajos, DEKOCK Y HALL (1955), DEKOCK (1956), DECOCK y col., (1960) y DEKOCK y col., (1974), han puesto de manifiesto que las razones P/Fe y K/Ca están incrementadas en plantas que padecen deficiencía en Fe de diversas etiologías, entre ellas la inducida por suelos - calizos.

De otro lado, DEKOCK y MORRISON (1958b) y DEKOCK y col. (1974) -- han demostrado que, paralelamente, en todos estos tipos de clorosis la razón ácido cítrico/ácido málico -referida a muestras foliares de plantas cloróticas- resultaba también incrementada, de modo que existe una correlación positiva generalizada entre estas tres razones en plantas - afectadas por cualquier tipo de clorosis.

ILJIN (1951b) y McGEORGE (1949) hallaron que diversos árboles frutales, así como otras plantas dicotiledóneas, que padecían clorosis inducida por suelos calizos, tenían incrementados los contenidos foliares de ácido cítrico y reducidos los correspondientes a ácido oxálico y a - Fe activo. El investigador citado en primer lugar también encontró que el contenido en ácido málico estaba estrechamente correlacionado con la concentración de Ca soluble. Este ácido no parecía estar, en general, - fuertemente afectado por la clorosis, pero, concretamente en cerezos - deficientes en Fe, su contenido estaba notablemente disminuido.

Se ha demostrado ampliamente en diversos tejidos de plantas, que el contenido en ácido cítrico está correlacionado con el contenido en - K (COOIL, 1948; KURCHATOV, 1940; SMITH y RASMUSSEN)

1959; BRADLEY, 1962; PALMER y col., 1963; MACKLON y DEKOCK, 1967; DEKOCK y col., 1974).

Asimismo, también ha quedado suficientemente evidenciado que los ácidos málico y/o oxálico están correlacionados con el Ca. (GILBERT y col., 1951; RASMUSSEN y SMITH, 1961; COOIL, 1948, PIERCE y APPLEMAN, 1943; BAXTER, 1962; GALLAHER, 1975; REDMOND y col., 1976).

En un trabajo considerado como un clásico de obligada referencia en su especialidad, PIERCE y APPLEMAN (1943) demostraron que los ácidos orgánicos contribuyen a mantener el equilibrio catiónico: aniónico, siendo los principales ácidos orgánicos, en las especies estudiadas, cítrico, oxálico y málico. Esto, como indica DEKOCK (1964), junto al hecho que acabamos de comentar de que las hojas cloróticas contienen, generalmente, más ácido cítrico y más K, así como menos ácido málico y/o oxálico y menos Ca que las hojas sanas, permite pensar en la existencia de una correlación entre dichos parámetros, y en que la relación P/Fe y K/Ca esté regida por el balance entre los ácidos cítricos y málico+oxálico, el cual, en una cierta extensión, está ligado con la actividad de la enzima aconitasa. Esta enzima cataliza la conversión del ácido cítrico en cis-aconítico y en isocítrico en el ciclo de KREBS y, para ello, requiere el concurso de iones ferrosos, según fue demostrado por BACON y col., (1961) y por HSU y HILLER (1968). La actividad de la aconitasa no sólo resultó deprimida en plantas alimentadas con bajo suministro de Fe, como demostraron los autores citados anteriormente, sino también cuando la deficiencia de Fe está causada por toxicidad de metales pesados (DEKOCK, 1956) o es inducida por suelos calizos (CARPENA y col., 1977; LLORENTE y col., 1977). Parece demostrarse, de esta manera, que la actividad de la aconitasa depende del estado en que se encuentre la planta respecto del Fe, el cual, ya ha quedado establecido, que puede estar representado por la razón P/Fe (DEKOCK y col., 1960), que posee una correlación inversa, altamente significativa, con el contenido de la planta en hierro activo (DEKOCK, 1981).

YU y MILLER (1982) han sugerido que la formación del ácido δ -amino-levulinico (ALA) -un precursor de la clorofila- está condicionado también por un suministro adecuado de Fe que garantice una buena actividad de la enzima aconitasa. ZHIZNEVSKAYA (1973) indica que se supone que el Fe actúa en tres etapas distintas de la biosíntesis de la clorofila: 1) En la formación del ALA; 2) en la descarboxilación oxidativa del coproporfirinógeno a protoporfirina, y 3) en la unión del fitol a la protoclorofila.

El ácido oxálico no forma parte del ciclo de KREBS, pero sabemos que el ácido isocítrico puede ser desglosado en ácido glioxílico y ácido succínico por acción de la liasa isocítrica, que también requiere ser activada por iones ferrosos (DEKOCK, 1964). El ácido glioxílico puede condensar con el acetil-CoA y formar ácido málico; alternativamente, el ácido glioxílico también puede ser oxidado a ácido oxálico. La desviación glioxílica puede conducir por tanto, a la acumulación de ácido málico y/o ácido oxálico.

Podría quedar explicado, de esta manera, el que la falta de -- una concentración adecuada de iones ferrosos -indicada por un valor alto en la razón P/Fe- favorezca la acumulación de ácido cítrico o de ácidos tricarboxílicos y disminuya el contenido de ácidos málico y/o oxálico o ácidos dicarboxílicos.

PALMER y col., (1963), DEKOCK (1964) y KIRKBY y DEKOCK (1965) -afirman que, en hojas normales, la acumulación foliar de Ca discurre paralela y estequiométricamente con la acumulación de ácido málico. Por el contrario, en condiciones de deficiencia de Fe, el ácido málico y el Ca no guardan estequiometría, pero, si se suministra Fe, la equivalencia se vuelve a establecer. Esto, junto con las correlaciones mencionadas anteriormente entre Ca y los ácidos málico y oxálico, de un lado, y del K con el ácido cítrico, por otro, evidencian una importante conexión metabólica que le permite afirmar a DEKOCK (1981) que el estado nu

tritivo eficaz, respecto del hierro, está gobernado también por la razón K/Ca, de tal manera que el equilibrio celular entre Ca y K puede estar mediado por la enzima aconitasa.

Revisando la bibliografía correspondiente al metabolismo intermedio celular, se pueden encontrar algunos mecanismos bioquímicos que podrían contribuir, supuestamente, a complementar la relación existente entre la razón $\frac{\text{ac. cítrico}}{\text{ac. málico} + \text{ac. oxálico}}$ encontrada por DEKOCK, MORRISON (1958b) para plantas deficientes en hierro, por causas diversas, y por DEKOCK y col., (1974) para clorosis inducida por suelos calizos, -- con las proporciones inorgánicas que comentamos: P/Fe y, fundamentalmente ahora, K/Ca.

Dentro de este contexto, algunos investigadores, como BANDURSKI y GREINER (1953) y BANDURSKI (1955), estudiaron la asimilación no fotosintética del CO_2 , el cual se unía al PEP (fosfoenolpirúvico) para formar el ácido oxalacético. DANNER y TING (1967) y TING y DUGGER (1967) hallaron que el ácido oxalacético podía ser convertido en ácido málico y que las enzimas que catalizaban estas reacciones estaban situadas extramitocondrialmente, con lo que se podía obtener ácido málico de una forma independiente del ciclo de KREBS. Este aporte adicional de los -- ácidos oxalacético y málico asegura la rotación regular del ciclo de KREBS, a pesar de las substracciones que de él se realizan por medio de los metabolismos anexos, así como también puede permitir la acumulación de algún componente determinado. La enzima que cataliza la fijación del CO_2 es la PEP-carboxilasa y requiere iones Mg^{++} como cofactor.

El PEP, que proviene de la glicolisis, puede ser transformado en ácido pirúvico merced a la acción de una Piruvatokinasa que ha de -- ser catalizada por iones K^+ (MILLER, EVANS, 1957). Para una actividad -- máxima la PEP-kinasa requiere también el concurso de iones Mg^{++} (McCOLLUM y col., 1958), los cuales según BOYER (1962), pueden ser reemplazados por iones Mn^{++} . Este autor también indica que el Ca es un potente --

inhibidor de la enzima. Según TEEL (1968), niveles no adecuados de K - podrían engendrar un aumento en la actividad de la PEP-carboxilasa en virtud de una mayor disponibilidad de PEP y ello podría explicar, al menos en parte, la estrecha correlación existente entre Calcio y ácido málico indicada por PALMER y col., (1963), DEKOCK (1964) y KIRKBY y DE KOCK (1965), entre otros autores.

CUMMINGS y TEEL (1965) y PATTE y TEEL (1967) comprobaron, que los niveles de ácido málico y de K se correlacionaban inversamente, lo que estaba de acuerdo con la hipótesis de THOMAS y col., (1959) de que con niveles suficientes de K disminuiría la fijación no fotosintética de CO_2 , ya que el catión reforzaría la conversión del PEP a ácido pirúvico.

BAR-ANKIVA y col., (1976) reiteró que la deficiencia de Ca incrementa enormemente la actividad de la piruvato-kinasa, la cual también resultaba incrementada por la deficiencia de Fe. Cabe, por tanto, la posibilidad de que los bajos niveles en Ca y Fe -característicos de las clorosis férricas- fomenten una mayor producción de ácido cítrico -síntoma característico también de la clorosis férrica- y, posteriormente, mediante una acción inhibitoria sobre la enzima aconitasa según se ha descrito anteriormente; también una menor fijación no fotosintética del CO_2 , puede dar una explicación complementaria a la de DEKOCK para intentar fundamentar las correlaciones positivas observadas en plantas con deficiencia de Fe, entre las razones: $\frac{\text{ac. cítrico}}{\text{ac. málico}}$, P/Fe y K/Ca.

Por último, citaremos una tercera posibilidad, dada por RHOADS y WALLACE (1960), que trata de explicar el incremento de la razón K/Ca en hojas cloróticas, así como la controversia suscitada, a veces, acerca de la observación de un mayor contenido de Fe por parte de las hojas cloróticas con respecto a las sanas.

En esencia, estos autores sugieren que en las raíces de las plantas cloróticas se realiza una mayor producción de carboxilatos de-

bido a un incremento en la fijación del CO_2 , que va acompañado por un incremento en la absorción de K. Este incremento puede contribuir a disminuir la absorción de Ca. Pero, además, estos autores pusieron de manifiesto que los niveles radiculares de ácido oxálico crecían enormemente cuando se adicionaba carbonato cálcico al medio de cultivo, de tal manera que esta elevación en la producción del ácido provocaría la precipitación del oxalato cálcico en la raíz, disminuyendo así el contenido del catión en las hojas. Ya hemos indicado en apartados anteriores que CARPENA y col. (1972b, 1976) comprobaron en limoneros, con deficiencia de hierro inducido por suelos calizos, que las fracciones foliares de Ca soluble y de Ca insoluble orgánico se encontraban disminuidos, lo que se podía traducir en que tanto la absorción como el transporte de este elemento resultaban disminuidos. Asimismo, han indicado que el aumento radicular de ácidos orgánicos contribuye al transporte del K hacia las hojas. Ya citamos anteriormente que diversos autores habían detectado un incremento radicular de ácidos orgánicos en plantas cloróticas. De esta manera, podría quedar explicado el aumento foliar experimentado por la razón K/Ca.

Respecto a la controversia suscitada a los contenidos en Fe de las hojas cloróticas, RHOADS y WALLACE (1960) indicaron que, de acuerdo con JACKSON y COLEMAN (1959), en la reacción de fijación al PEP del CO_2 absorbido por la raíz -por la acción de la PEP carboxilasa- se desprende un mol de fosfato inorgánico -el del PEP- por cada mol de CO_2 fijado y que este fosfato, producido como subproducto de la fijación del CO_2 -contribuiría a precipitar el Fe absorbido por la raíz, explicándose de esta forma el incremento de Fe en las raíces y tallos, y el descenso -o incremento, dependiendo del sitio donde se produzca la precipitación- en las hojas.

A primera vista, puede parecer que haya alguna contradicción entre este mecanismo y los citados anteriormente, pero, en realidad, po

dían ser complementarios, ya que aquéllos se refieren a niveles foliares y la actuación del mecanismo propuesto por RHOADS y WALLACE -de acción radical- prepara las condiciones -poco Ca y poco Fe, aumento en K- para la actuación de aquéllos y la explicación, a niveles foliares del aumento de la razón ácido cítrico/ácido málico.

De esta manera, de acuerdo con CARPENA y col. (1976), la actividad de la aconitasa no estaría disminuida en la raíz, ya que existiría una cantidad suficiente de Fe y no estaría impedida la formación de ácido oxálico.

7.4.2. Parámetros o indicadores inorgánicos elegidos

De todos los indicadores comentados anteriormente, hemos elegido aquellos que están constituidos por los elementos cuya variación es característica fundamental -de acuerdo con la bibliografía consultada- de una deficiencia en Fe inducidas por suelos calizos, ya que, en general, las variaciones obtenidas por nosotros concuerdan bastante bien con ella.

Como norma general, ya comentada en otros apartados, no hemos utilizado aquellas razones en las que alguno de los elementos que la constituyen estén incluidos en la materia activa del producto utilizado en los tratamientos, al menos en concentraciones muy superiores a la concentración usual que de ellos poseen las plantas, como es el caso del Zn, ya que es difícil que se encuentre en el interior de las células vegetales en las cantidades detectadas y cabe la posibilidad de que forme algún tipo de depósito extracelular. De cualquier manera y, debido a las altas concentraciones detectadas para este micronutriente que, en muchos casos, entran de lleno en los límites de los contenidos considerados como tóxicos, el valor de dichos índices mostrarían, por sí mismos, estados nutritivos fuertemente deficientes en Fe, los cuales no han tenido, en general, una confirmación visual apreciable y podrían ser considerados, por tanto, de dudosa validez.

Por otra parte, aunque el P forma parte constitutiva de la molécula de algunos plaguicidas usados, lo hemos utilizado en los cálculos de estos parámetros porque, de un lado, la concentración detectada en los mismos no ha sido considerada como suficiente, en la mayoría de los casos, como para provocar los incrementos observados, lo que, de por sí, ya no daría valores tan dispares al ser utilizado como indicador; además, existe un amplio respaldo bibliográfico acerca de la interacción de fosfatos y hierro, tanto a nivel de absorción como de transporte e inactivación en cualquier parte de la planta; además los plaguicidas organofosforados, como ya hemos comentado, pueden degradarse o metabolizarse liberando diversos tipos de fosfatos.

La no utilización de otras razones como Mn/Fe y Fe/N, aparte de que no están descritos como característicos de clorosis inducidas -- por suelos calizos (MEROTRA y col.1976) se debe a que la verdadera utilidad de estos parámetros va asociada, generalmente, con la modificación en la composición de los medios de cultivo: La primera de ellas está basada en el antagonismo Fe-Mn y la segunda en que en medios excesivamente ricos en NO_3^- se puede dar una excesiva absorción de los mismos y, como consecuencia de ello, una alcalinización de la rizosfera. Algunas consideraciones sobre este último hecho se harán posteriormente.

Los indicadores inórganicos que hemos utilizado para describir el estado nutritivo de los cultivos respecto del Fe son, por tanto:

K/Ca, P/Fe, N/K e Índice de Hierro (I-Fe).

Hemos calculado el último de estos parámetros, a pesar de su concomitancia con las razones K/Ca y P/Fe, debido a su implantación como índice de diagnóstico por diversos grupos de investigadores españoles.

TABLA LXXVIII

Indicadores inorgánicos del Fe. Primer tratamiento del año 1978

<u>Recogidas</u>	<u>Ciruelos</u>					<u>Tratados</u>				
	<u>Testigos</u>									
	<u>K/Ca</u>	<u>P/Fe</u>	<u>N/K</u>	<u>I.Fe</u>	<u>Fe</u>	<u>K/Ca</u>	<u>P/Fe</u>	<u>N/K</u>	<u>I.Fe</u>	<u>Fe</u>
1ª	0,93	56,7	2,69	4,58	33,5	1,27	48,7	1,55	4,73	39,0
2ª	0,69	40,6	2,76	3,28	44,3	1,14	40,4	1,55	3,93	47,8
3ª	0,69	29,7	2,76	2,50	58,3	1,07	31,6	1,69	3,08	59,5
4ª	0,68	19,7	1,97	2,11	72,5	0,89	20,7	1,30	2,85	61,5
	<u>Cerezos</u>									
	<u>K/Ca</u>	<u>P/Fe</u>	<u>N/K</u>	<u>I.Fe</u>	<u>Fe</u>	<u>K/Ca</u>	<u>P/Fe</u>	<u>N/K</u>	<u>I.Fe</u>	<u>Fe</u>
1ª	0,65	48,9	2,83	3,60	39,5	0,91	50,3	2,02	4,04	46,3
2ª	0,45	34,0	3,72	2,42	50,0	0,73	40,9	2,31	3,23	53,8
3ª	0,43	26,3	3,34	1,94	58,3	0,63	30,4	2,34	2,43	62,5
4ª	0,18	20,3	4,70	1,40	55,8	0,35	21,4	2,36	1,73	67,0

TABLA LXXIX

Indicadores inorgánicos del Fe. Segundo tratamiento del año 1978

Ciruelos

Testigos

Tratados

Recogidas

K/Ca

P/Fe

N/K

I.Fe

Fe

K/Ca

P/Fe

N/K

I.Fe

Fe

1ª	0,61	17,9	1,88	1,85	77,0
2ª	0,65	16,5	1,55	1,78	81,8
3ª	0,53	12,5	1,73	1,31	100,0
4ª	0,48	10,3	1,88	1,03	120,3

0,90	21,4	1,52	2,50	70,0
1,01	18,8	1,16	2,28	80,8
0,93	17,9	1,03	2,11	84,0
0,68	15,1	1,20	1,62	98,0

Cerezos

1ª	0,18	16,8	4,18	1,17	65,3
2ª	0,15	16,9	4,15	1,16	64,0
3ª	0,12	13,4	4,79	0,90	74,5
4ª	0,08	11,8	5,27	0,79	74,5

0,36	19,5	2,37	1,54	78,5
0,31	18,4	2,66	1,44	74,8
0,27	16,0	2,71	1,25	80,0
0,22	15,8	2,80	1,19	81,0

TABLA LXXX

Indicadores inorgánicos del Fe. Primer tratamiento del año 1979

CiruelosTestigosTratados

<u>Recogidas</u>	<u>K/Ca</u>	<u>P/Fe</u>	<u>N/K</u>	<u>I.Fe</u>	<u>Fe</u>	<u>K/Ca</u>	<u>P/Fe</u>	<u>N/K</u>	<u>I.Fe</u>	<u>Fe</u>
1ª	0,83	61,7	2,63	4,52	37,3	1,57	68,6	1,62	6,21	35,0
2ª	1,02	60,5	2,22	4,79	38,0	1,60	64,0	1,53	6,00	37,5
3ª	0,93	52,6	2,00	4,43	38,0	1,49	52,1	1,31	5,25	38,0

Cerezos

1ª	1,19	56,7	3,02	3,98	38,8	1,13	72,9	2,21	5,29	39,5
2ª	0,83	46,5	3,14	3,36	41,5	1,06	59,4	2,00	4,55	43,8
3ª	0,42	36,4	4,12	2,55	44,0	0,82	49,5	2,20	3,89	44,0

TABLA LXXXI

Indicadores inorgánicos del Fe. Segundo tratamiento del año 1979

<u>Recogidas</u>	<u>Ciruelos</u>									
	<u>Testigos</u>					<u>Tratados</u>				
	<u>K/Ca</u>	<u>P/Fe</u>	<u>N/K</u>	<u>I.Fe</u>	<u>Fe</u>	<u>K/Ca</u>	<u>P/Fe</u>	<u>N/K</u>	<u>I.Fe</u>	<u>Fe</u>
1ª	0,57	27,3	2,19	2,30	66	1,07	31,7	1,39	3,14	63
2ª	0,59	25,4	2,13	2,17	71	1,09	29,2	1,21	3,07	61
3ª	0,61	24,7	1,91	2,21	72	1,14	27,5	1,13	3,02	63
4ª	0,60	23,6	1,91	2,16	71	1,06	21,5	1,18	2,49	71
<u>Cerezos</u>										
1ª	0,14	29,4	7,40	1,85	47	0,62	37,8	2,30	2,97	49
2ª	0,14	27,5	6,40	1,71	52	0,55	33,3	2,40	2,65	49
3ª	0,12	24,2	6,20	1,50	60	0,49	31,6	2,42	2,55	50
4ª	0,09	23,0	7,00	1,38	61	0,43	30,0	2,40	2,39	50

7.4.3.- Resultados obtenidos y discusión de los mismos

Las Tablas LXXVIII, LXXIX, LXXX y LXXXI recogen los resultados obtenidos, agrupados por tratamientos y años de experiencias.

7.4.3.1.- Tratamiento con "Solbar" (polisulfuro de bario, 1211, 3118).

De acuerdo con todo lo dicho anteriormente acerca del valor -- diagnóstico de las razones utilizadas, la disminución de N/K y, el aumento de K/Ca, P/Fe e I-Fe, indican deficiencia o deterioro del estado nutritivo de la planta respecto a su contenido en Fe.

Los árboles que recibieron el tratamiento invernal con polisulfuro de bario, muestran, para el conjunto de los cuatro muestreos realizados, las variaciones promediadas en porcentaje, respecto a los testigos que se resumen en la Tabla LXXXII.

TABLA LXXXII

Porcentaje de variación de los indicadores de Fe de las muestras tratadas respecto de sus correspondientes testigos.

	<u>Ciruelos</u>	<u>Cerezos</u>
K/Ca.	+ 46,0	+ 53,2
P/Fe	- 3,6	+ 10,4
N/K	- 40,1	- 38,1
I. Fe	+ 17,0	+ 22,1

Destaca el valor para la razón P/Fe, en ciruelos, que parece -- no concordar con los valores y tendencias obtenidos para el resto de -- los indicadores y, en particular, con la razón K/Ca (DEKOCK, 1964). Según se puede apreciar en la Tabla LXXVIII, ese resultado está condicionado por el valor obtenido en la primera recogida, donde este cultivo -- muestra aumento no significativo en la concentración foliar de fósforo y sí en la de hierro (Gráficas 6 y 11, respectivamente). Ello condicio-

na un decrecimiento en la citada razón. En la discusión de los efectos observados a tenor de la composición química del producto utilizado, ya hicimos hincapié en que el producto comercial introducía -como contaminante- una cantidad de Fe que podía justificar perfectamente los incrementos observados para este elemento, y ello parece ser la causa de los valores obtenidos para la razón P/Fe, la cual resulta ya algo superior a los testigos en las muestreos tercero y cuarto, donde parece declinar el efecto producido por el aporte de Fe introducido por el plaguicida.- (Gráfica 11). Las variaciones obtenidas para el resto de los indicados evidencian un manifiesto deterioro en la nutrición del Fe, aunque, como ya hemos comentado, no se observó sintomatología visual alguna.

Los cerezos tratados muestran concordancia en la variación de las razones estudiadas. En general, se puede afirmar que estas variaciones son, tanto o más fuertes que las apreciadas en ciruelos,

Los equilibrios ternarios entre macronutrientes, como vimos, -apuntaban hacia un estado nutritivo inferior para las muestras tratadas en ambos cultivos. Este mismo equilibrio entre micronutrientes revela poco cambio en ciruelos y da unas proporciones más adecuadas en los porcentajes de contenido relativo en los cerezos tratados, aunque, teniendo en cuenta el concepto de "hierro activo" (OSERKOWSKY, 1933), el contenido total de este elemento no se puede tomar como un fiel reflejo del estado nutritivo de un cultivo. Todo ello nos induce a pensar que, en nuestras condiciones experimentales, el tratamiento con polisulfuro de bario produce, en ambos cultivos, y quizás de una forma más pronunciada en los cerezos, una merma en el metabolismo del Fe, la cual no llega a tener una entidad suficiente como para manifestarse con síntomas visuales.

Existen algunos trabajos, realizados por otros investigadores y recogidos en otros apartados que podrían reforzar nuestras deducciones; en síntesis, se pueden citar los siguientes:

- Alteraciones en la respiración de ciruelos tratados con polisulfuro de Ca (PASOL y col., 1973).

- MILWARD y col., (1974) han descrito incrementos en los contenidos de ácido succínico en hojas jóvenes de plantas tratadas con polisulfuro de Calcio, lo que podría ser debido a una pérdida de actividad en la enzima succinato deshidrogenada, que cataliza el paso de ácido succínico a fumárico en el ciclo de KREBS y que contiene átomos de Fe -- (LEHNINGER, 1982) en su estructura.

- La actividad fotosintética de las hojas de árboles frutales tratados con polisulfuro de Calcio se reduce significativamente según diversas citas recopiladas por FERREE (1978). SHARMA y col. (1978) han descrito este mismo efecto en manzanos tratados con S formulado como -- polvo mojable y utilizado a una concentración de 7,2 g/L.

- BONTEA y col. (1977) han comunicado que manzanos de la variedad "Jonathan" tratados con polisulfuro de bario al 0,8%, mostraban incrementos en la actividad de la enzima catalasa y disminución en la actividad peroxidasa, así como un incremento en la actividad proteolítica de las hojas. Estos hechos a la luz de nuestros resultados y, basados en los estudios BAR-ANKIVA (1971); CARPENA y col., (1977) y LLORENTE y col., (1977), se podrían interpretar como un deterioro del metabolismo del Fe y quizás también en el del Mn. La actividad proteolítica conlleva un aumento en el contenido de aminoácidos y esto, según BENNETT --- (1945), es un síntoma clásico de las clorosis férrica. ILJIN (1943) ya describió que el aumento de N soluble, detectado en plantas cloróticas, se debía, muy probablemente, a la desintegración de las proteínas.

7.4.3.2.- Tratamiento con "Fitonil-80-forte" (zineb, 3215) + "Irokar" - (dinocap, 2912, 3424) + "Ultracid" (metidati6n, 1454).

Este tratamiento, se realizó aproximadamente, cinco meses después que el anterior sobre los mismos árboles que recibieron aquel, como se dijo anteriormente.

La Tabla LXXIX recoge los valores de los indicadores obtenidos para cada muestreo realizado, y la LXXXIII los incrementos porcentuales globales correspondientes al periodo estudiado.

TABLA LXXXIII

Porcentaje de variación de los indicadores de Fe de las muestras tratadas, respecto de sus correspondientes testigos.

	<u>Ciruelos</u>	<u>Cerezos</u>
K/Ca	+ 55,1	+ 118,9
P/Fe	+ 28,0	+ 18,3
N/K	- 30,3	- 42,7
I. Fe	+ 42,5	+ 34,8

Queremos destacar el hecho de que los incrementos de los índices en cuyo cálculo interviene la concentración de hierro son inferiores en cerezos, mientras que las variaciones de los restantes son superiores en valor absoluto, en este cultivo. Ello parece encontrar su explicación en la distinta respuesta dada por ambos cultivos respecto al contenido foliar en Fe (Gráficas 11 y 22), hecho en el que, como ya indicamos, puede jugar un importante papel el distinto porte de los árboles.

El tratamiento, en su conjunto, supone un aporte considerable de hierro, -Tabla XXXIX- el cual, sin lugar a dudas, impide la obtención de mayores incrementos en los indicadores P/Fe e I.Fe, siendo posible, incluso, que contribuya a mantener una actividad suficiente en el metabolismo del Fe como para no permitir la aparición de síntomas visuales, pero distanciándose de sus niveles óptimos, sobre todo en aquellos parámetros, como el I. Fe, donde se ha definido un cierto valor óptimo.

Las observaciones aisladas de los parámetros indicadores del metabolismo del Fe presuponen que las muestras procedentes de árboles tratados se encuentran en peores condiciones que sus correspondientes testigos. No existe un valor límite de estos cocientes que marque taxativamente la zona correspondiente a la deficiencia de Fe. (DEKOCK y HALL, 1955).

DEKOCK y col., (1974) han encontrado síntomas visuales de clorosis en perales que, en el mes de agosto presentaban razones de 25,3 y 0,66 para P/Fe y K/Ca, respectivamente, pero indudablemente no se pueden tomar como referencia. Bajo este punto de vista y sin disponer de la medida de otros parámetros, tales como actividades enzimáticas y contenido en clorofila, puede resultar arriesgado emitir un diagnóstico sobre el estado metabólico del Fe, pero, como hemos dicho antes y, a pesar de no disponer de valores óptimos teóricos para tres de estos indicadores en los cultivos estudiados, los datos de otros autores, en este mismo género de plantas, permiten deducir que incrementos del orden del 35% en la razón P/Fe y en la de K/Ca, llegan a multiplicar por tres la severidad de una clorosis (DEKOCK y col., 1974).

En los comentarios acerca del diagnóstico sobre el estado nutritivo de los árboles de ciruelos tratados, decíamos que éstos empeoraban el contenido en Fe al colocarse este por debajo del intervalo óptimo tomado de la bibliografía. Asimismo, los equilibrios ternarios entre macronutrientes delatan un claro exceso en el contenido foliar de K. Estas conclusiones parecen apoyar que, efectivamente, en este cultivo, las variaciones observadas para los parámetros indicadores del estado nutritivo del Fe evolucionan hacia valores que hacen pensar seriamente en una deficiencia de este oligoelemento.

La interpretación acerca de la acción que ejerce este tratamiento acumulado con el anterior sobre los cerezos es bastante conflictiva, ya que la aplicación de los criterios de "zona óptima" y "equilibrios

ternarios" ya comentados, parecen apuntar hacia una mejoría del estado nutritivo de estos árboles. La controversia radica en que el contenido de K que muestran los árboles testigos parece ser excesivamente bajo y ello trae, como consecuencia, que los árboles que recibieron el tratamiento -que realmente sufren los cambios descritos como típicos de plantas afectadas por deficiencia de Fe: elevación N, P, K y descenso de Ca, Mg, posean unos índices de diagnóstico más acordes con los teóricos.

Si se calculase el equilibrio ternario Fe-Mn-Zn para muestras testigo, se apreciaría un marcado defecto de Zn y un exceso relativo de Mn. El tratamiento también presenta cierta tendencia a corregir esto aunque lo hace desproporcionadamente, ya que se detectan excesivas cantidades de Zn foliar en las muestras tratadas pero, de otro lado, aumenta el Fe y disminuye el Mn. Bien es cierto que el Fe es introducido por los productos plaguicidas, pero los efectos globales -a excepción del Zn- dan la imagen de un mejor estado nutritivo en aquellos árboles que fueron tratados.

Sin embargo, los árboles testigos no mostraron nunca síntomas visuales de deficiencia en K, siendo normales, a simple vista, su desarrollo y fructificación. Los contenidos de Ca y Mg sobrepasan los límites superiores de la zona óptima y ello, naturalmente, condiciona los pequeños valores obtenidos para K/Ca en los testigos, así como los elevados números hallados en la razón N/K. De otro lado, las estimaciones obtenidas para el cociente P/Fe son muy similares a los hallados en los círculos testigos, tanto a nivel de muestreo como en evolución. Una elevación del 18,3% en esta razón y del 34,8% en el I. Fe (Tabla LXXXIII), pueden hacer pensar que, a pesar de lo indicado por las metodologías utilizadas en el diagnóstico nutritivo, el tratamiento afecta el metabolismo del Fe de los árboles tratados, aunque lo hace, posiblemente, en menor cuantía que con el cultivo anteriormente citado y, desde luego, en ninguno de los dos casos, con la cantidad suficiente como para provocar síntomas visuales.

La utilización de tres productos en un mismo tratamiento nos impide poder imputar con objetividad a uno de ellos la responsabilidad de los efectos observados.

En apoyo de la acción de estos productos, interfiriendo el metabolismo del Fe, se pueden hacer algunas observaciones:

- El antagonismo Fe-Zn, que ya ha sido comentado anteriormente (cabe la posibilidad de que no hayamos podido hacer una perfecta descontaminación superficial del material vegetal en el proceso de lavado). De todas formas, WOOLHOUSE (1983) opina que hay fuertes indicios acerca de que elevados niveles de Zn produzcan interferencias con los procesos de transporte y de las funciones enzimáticas del hierro ferroso. Las interferencias Fe-Zn han sido tratadas por OLSEN (1972) y por GIORDANO y MORTVEDT (1980).

- Algunos autores, como NIKOL'SKAYA (1974) y KRUSTEV y col., -- (1978), afirman que la aplicación de zineb (3215) decrece la fotosíntesis.

- CHABOUSSOU (1980) ha recopilado alguna información sobre el efecto que el zineb (3215) y otros fungicidas ditiocarbámicos poseen en la elevación de las tasas foliares de aminoácidos y azúcares reductores en diversos árboles frutales, acciones que pueden relacionarse con un efecto de proteolisis.

Ya hemos indicado en el apartado correspondiente a la discusión sobre los efectos del tratamiento, en el capítulo anterior, la existencia de diversos trabajos que hacen referencia a la acción de preparados, cuya materia activa es el dinocap (2912, 3424), sobre diversos aspectos de la fisiología y bioquímica de las plantas que están directamente relacionados con el metabolismo del hierro. De ellos, y de nuestros resultados, sería posible deducir que, bajo determinadas condiciones, el dinocap (2912, 3424) puede afectar la bioquímica del elemento.

En cuanto al metidatión (1454) no hemos encontrado ningún traba

jo que estudie algún tipo de alteración provocada por la aplicación del mismo y que sea interesante para los fines perseguidos.

7.4.3.3.- Tratamiento con "Croneton" (etiofencarb, 1623) + "Irokar" (dino-cap, 2912,3424) + "Pomarsol Z forte"(ziram, 3225).

Este tratamiento fué efectuado sobre los mismos árboles pero - en un nuevo periodo vegetativo, concretamente en el mes de mayo del año siguiente -1979- al que se realizaron los tratamientos anteriores.

En la Tabla LXXX se recogen los valores de las razones obtenidas en cada fecha de muestreo para los indicadores estudiados y en la - LXXXIV, las variaciones promedios globales que experimentaron esos índices como consecuencia del tratamiento.

TABLA LXXXIV

Porcentaje de variación de los indicadores de Fe de las muestras tratadas respecto de sus correspondientes testigos.

	<u>Ciruelos</u>	<u>Cerezos</u>
K/Ca	+ 67,6	+ 23,3
P/Fe	+ 5,6	+ 30,2
N/K	- 34,9	- 37,6
I.Fe	+ 27,0	+ 38,8

Al igual que en los dos casos anteriores las variaciones que - experimentan los parámetros estudiados apuntan hacia un empeoramiento - del estado nutritivo con respecto al Fe, sin la aparición de síntomas - visuales y, quizás, con un mayor deterioro global en los cerezos.

En este caso, el tratamiento también aporta una cantidad relativa importante de Fe, pero ya ha quedado suficientemente explicitado - que no se alteran los contenidos globales medios de este nutriente en -

los árboles tratados, pudiendo influir, no solamente la distinta naturaleza de los productos acompañantes del "Irokar" (dinocap, 2912, 3424) -principal portador del elemento- sino también la época de aplicación -de los mismos.

Los equilibrios ternarios N- 10P-K y K-Ca-Mg ponían de manifiesto un empeoramiento (Tabla LXVII) del estado nutritivo de los ciruelos tratados, debido a valores relativos excesivos de K en detrimento, fundamentalmente, de N y Ca. ello está perfectamente reflejado en el fuerte incremento que sufre la razón K/Ca en muestras tratadas siendo ésta -una de las causas que pueden originar problemas de deficiencia de Fe, -según describió THORNE y col. (1950) y más recientemente WALLACE (1982).

De nuevo, a lo largo de todo el periodo que dura esta experiencia, el K parece mostrarse deficitario en los cerezos testigos, tanto -de acuerdo con el método de la zona óptima como con el del equilibrio ternario N- 10P-K, aunque no aparece así, al menos en las dos primeras recogidas, para el equilibrio K-Ca-Mg (Tabla LXXIV). De todas formas, -aunque las muestras tratadas presentan, para el equilibrio N- 10P-K, índices de K acordes con los valores teóricos, reflejan detrimento en el N y exceso en P. Además, el equilibrio entre los tres cationes básicos denota un exceso de K sobre los cationes divalentes, especialmente sobre Mg. Estos resultados, en términos generales, son comparables a los obtenidos para los ciruelos y parecen apuntar, como hemos comentado anteriormente, a que se tienda hacia un empeoramiento en el estado o papel metabólico del hierro.

Un hecho a destacar en ambos cultivos son los elevados valores encontrados para la razón P/Fe. DEKOCK y col., (1974) y DEKOCK y HALL - (1955), han encontrado síntomas visuales de clorosis en diversos cultivos que mostraban un valor para P/Fe de alrededor de 26. WATANABE y col. (1965) han encontrado que disminuían las cosechas de maíz con contenidos normales de Fe, pero con razones P/Fe > 60.

Nosotros no hemos observado síntomas visuales y no hemos medido la cosecha, por lo que no podemos entrar en este último aspecto. Pero sí hemos de hacer hincapié en que es norma general que la concentración foliar de P decrece a lo largo del ciclo vegetativo y la de Fe aumenta; por ello, los valores más elevados del indicador P/Fe se darán -al menos, en árboles de hoja caduca- al inicio del ciclo vegetativo y, será necesario, por tanto, siempre que se quieran hacer comparaciones, verificarlas en similares estadios vegetativos.

Recalcamos, de nuevo, que los autores citados en último lugar, comprobaron que la adición de Zn-cuando los niveles de Fe eran medios o bajos- disminuían las cosechas de maíz. Ello fué atribuido, no a la concentración absoluta de Fe, sino a valores de la razón Fe/Zn inferiores a 1,5. OLSEN (1972) recoge diversos trabajos que abogan por la necesidad de un buen balance nutritivo entre ambos nutrientes para obtener adecuadas cosechas y que evidencian un cierto antagonismo entre ambos elementos a nivel de absorción y de translocación. Nuestros resultados experimentales darían para este cociente valores muy por debajo de la unidad en todos aquellos tratamientos que han incluido algún ditiocarbamato de Zn.

En el epígrafe anterior hicimos referencia a diversas observaciones tomadas de la bibliografía que podían interpretarse como interacciones del dinocap (2912, 3424) entorpeciendo el metabolismo del Fe.

De ellas podemos resaltar las observaciones de BULINSKI y col., (1975) que detectaron un incremento de fracciones nitrogenadas, incluidos NO_3^- , así como también de P, K, en plantas de guisantes tratadas con "Karatane" (dinocap, 2912, 3424). También las de BULINSKI y KOT (1976) y GERTIG y SZAJKOWSKI (1981) sobre las alteraciones detectadas a nivel de las enzimas peroxidasa y catalasa.

Respecto al etiofencarb (1623), McLACHLAN y KOENIGKAMP (1978) - han descrito que las plantas de trigo son dañadas cuando se realiza una

aplicación conjunta del insecticida y de fertilizante amónico. Ello, -- aparte de la influencia que sobre el contenido de ácidos orgánicos puede tener (KIRBY y MENGEL, 1967) es posible que origine daños por toxicidad del ión NH_4^+ --mucho más tóxico que el NO_3^- -- si hay alguna causa que impida la proteosíntesis, en concreto la formación de aminoácidos.

Por otra parte, MATEEVA y col., (1978) han observado cambios en las actividades de catalasa y peroxidasa en hojas de tabaco tratadas con un plaguicida cuya materia activa era este insecticida.

En el apartado que hemos dedicado a la discusión bibliográfica de los efectos observados por la aplicación de ziram (3225), así como -- en la revisión bibliográfica inicial, se han recogido diversas citas que hacen referencia a que la aplicación de este plaguicida ha dado lugar a incrementos en los contenidos de azúcares reductores y fracciones de N--soluble (CHABOUSSOU, 1980; GROSCLAUDE, 1969, entre otros), así como una disminución de la actividad peroxidasa (KAROV, 1971b).

7.4.3.4.- Tratamiento con "Pormasol Z forte" (ziram, 3225) + "Dimetoato 40" (dimetoato, 1553).

Este tratamiento fué realizado sobre los mismos árboles dos meses después de haber realizado el anterior.

Los valores obtenidos para los parámetros utilizados como indicadores de estados deficitarios de Fe se recogen en la Tabla LXXXI, los incrementos porcentuales globales en la Tabla LXXXV.

Al igual que ocurre con todos los tratamientos anteriores, los indicadores muestran valores que apuntan hacia un retroceso, es decir, hacia un empeoramiento del estado nutritivo del Fe que, además, es coincidente, en esta ocasión, con disminuciones en los niveles foliares de las muestras tratadas, lo que podría ser un claro exponente de un aporte despreciable de Fe (Tabla LXXI) por ~~parte~~ de los productos utilizados.

TABLA LXXXV

Porcentaje de variación de los indicadores de Fe de las muestras tratadas respecto de sus correspondientes testigos.

	<u>Ciruelos</u>	<u>Cerezos</u>
K/Ca	+ 84	+ 326,5
P/Fe	+ 8,8	+ 27,5
N/K	- 40,0	- 64,7
I.Fe	+ 32,6	+ 64,0

Otro factor digno de resaltar es que, después de la realización de este tratamiento, se producen los incrementos promedios más fuertes - en ambos cultivos para la razón K/Ca, (Tabla LXXXV), lo que está fundamentalmente determinado no sólo por el mayor contenido en K que poseen - las muestras tratadas sino ,sobre todo, por el fuerte descenso que experimentan los niveles foliares de Ca por comparación con las muestras tes tigo. Ello trae como consecuencia que, en términos relativos, se ha pro ducido una gran distorsión entre las concentraciones foliares del K y Ca, así como del Mg, variando de una manera muy drástica los contenidos de - estos cationes, produciéndose un gran enriquecimiento absoluto y, sobre todo relativo, de K.

Es posible que lo anterior tenga alguna relación con los síntomas visuales que aparecieron en esta ocasión y que fueron comentados en el apartado dedicado a la influencia de este tratamiento sobre el estado nutritivo general del cultivo, donde apuntamos que, posiblemente, el di- metoato (1553) tuviera un importante papel en la aparición de tal sintomatología. La permanencia a lo largo de la experiencia, de un periodo de sequedad, además de un cierto color pardo de los bordes de las hojas de árboles tratados, recuerda los síntomas característicos descritos por -

SUTCLIFFE y BAKER (1979) como indicativos de un exceso de K, exceso que, en este caso, a juzgar por las concentraciones absolutas de los nutrientes, no parece darse. Por ello, es probable que estos síntomas sean consecuencia de otro tipo de agresión.

El menor incremento que experimenta el cociente P/Fe en ciruelos con relación a cerezos, además de guardar relación con el hecho de que todos los indicadores estudiados muestran variaciones menores en las muestras tratadas de aquel cultivo (Tabla LXXXV), está también influenciado por la inserción de los valores obtenidos en la cuarta fecha de muestreo.

Todo ello contribuye a que podamos afirmar, apoyado en esta ocasión en la sintomatología visual, que los cerezos fueron afectados en mayor cuantía que los ciruelos por el tratamiento.

Aunque con las reservas pertinentes, resaltamos el hecho de que en el tercer muestreo, realizado el treinta y uno de julio, se obtuvieron índices de 27,5 y 31,6 en la razón P/Fe para ciruelos y cerezos, respectivamente. En fechas similares, según ya hemos indicado, DEKOCK y col., (1974) obtuvieron índices de 26 para esta misma razón en perales manifiestamente cloróticos.

El juicio que nos mereció el efecto del tratamiento sobre los ciruelos, de acuerdo con los equilibrios ternarios (Tabla LXXIV), es que se producían distorsiones N-K y K-Ca fundamentalmente, llegando a estar el porcentaje relativo de K por encima del de Ca durante toda la experiencia, en el equilibrio correspondiente.

Sin embargo, en cerezos, se observa una clara deficiencia de K (Tabla LXXVII) de acuerdo con los índices teóricos.

Por comparación con el año anterior, la concentración de K --para fechas similares-- resulta ser algo inferior a la allí observada y la de Ca algo superior. Es probable --como comentamos en el apartado co-

rrespondiente- que influyan causas genéticas o de adaptación a las condiciones edáficas, y quizás también pluviométricas durante el periodo - primaveral, que expliquen los bajos contenidos en K, ya que este cultivo, a pesar de desarrollarse en el mismo tipo de suelo que los ciruelos, muestra estas diferencias a nivel de cationes básicos.

Aunque, en esta ocasión, los índices mostrados por los equilibrios ternarios para las muestras tratadas se aproximan a los óptimos - teóricos mucho más que los testigos, los indicadores del Fe muestran, - en conjunto, incrementos mayores a los experimentados por cualquiera de los tratamientos anteriores, acompañado, además, como ya se ha dicho, - por determinados síntomas visuales.

ILJIN (1951b) estudió el metabolismo de los azúcares en diversas especies de plantas afectadas por clorosis inducida por suelos calizos, llegando a la conclusión de que, mientras que estos productos eran ampliamente translocados en plantas normales, desde las hojas a órganos de almacenamiento, tales como frutos y otros tejidos, en las plantas -- que sufrían clorosis tendían a permanecer en el follaje. Algunos autores, como LUKPANOV y ZHAMANBALANOVA (1974), LUKPANOV y BAIDA (1974), -- ADZHEHYAN (1972b) y KHASHIMOV (1970), han descrito en distintos cultivos tratados con dimetoato (1553) cambios similares a los encontrados por ILJIN en plantas cloróticas.

ROZEK (1982b) ha detectado una disminución de la actividad de la enzima nitrato-reductasa en plantas de judías tratadas con Bi-58 - (dimetoato, 1553) BLAGONRAVOVA y NILOV (1976) han medido actividades - inferiores de peroxidasa en rábanos tratados con el insecticida. Otros cambios enzimáticos se describieron en el apartado dedicado a la revisión de la acción del plaguicida en la nutrición de las plantas.

LEKVEISHVILI (1975) ha encontrado incrementados los niveles de aminoácidos en hojas de cítricos tratados con "Bi - 58" (dimetoato, 1553).

KISELEVA (1973) encontró que el "Rogor" (dimetoato, 1553) aumentaba las fracciones de N-no preteíco en plantas jóvenes de guisantes.

Los cambios de este tipo imputados a la acción del ziram (3225) ya se comentaron anteriormente.

7.5.- Balance entre los elementos metálicos y no metálicos mayoritarios. Balance iónico.

Con objeto de ampliar el estudio acerca de las acciones que sobre el metabolismo de las plantas tratadas parecen ejercer los trata---mientos plaguicidas aplicados, abordamos parcialmente el examen del balance aniónico-catiónico mostrado por dichas plantas. El método seguido consiste en analizar las variaciones -individual y conjuntamente- de las especies químicas -elementos totales y sus formas iónicas- involucradas en dicho balance para intentar obtener, entre otros datos, algunas relaciones de equivalencia entre ellos, una valoración indirecta del contenido en ácidos orgánicos y un mayor conocimiento de algunas de las etapas del metabolismo del N, para poder corroborar así las apreciaciones realizadas en los apartados anteriores e intentar, asimismo, discernir la distinta respuesta que, a largo plazo, ofrecen ambos cultivos en lo que se refiere a los contenidos de N.

7.5.1.- Concepto y significación del balance iónico.

Los ácidos orgánicos han sido reconocidos como constituyentes importantes del contenido celular desde hace muchos años.

PIERCE y APPLEMAN (1943) demostraron, en doce especies distintas de plantas, la existencia de una alta correlación positiva entre el exceso de cationes inorgánicos -considerados como la diferencia entre cationes y aniones inorgánicos- y el contenido total de ácidos orgánicos. El contenido catiónico determinado por estos autores estuvo constituido por K^+ , Ca^{++} y Mg^{++} totales; el contenido aniónico por NO_3^- , SO_4^{--}

y PO_4H_2^- . PUCHER y col., (1938) también encontraron en hojas de tabaco - de distintas edades que ambos factores estaban correlacionados.

Sin embargo, en estos trabajos se hicieron algunas aproximaciones al estimar los constituyentes. Es sabido que el Ca, Mg, S y P no se encuentran en su totalidad en la forma iónica indicada. Porciones de Ca insoluble se encuentran en forma de pectatos y otras combinaciones orgánicas. Algo de Mg insoluble se encuentra formando parte de la molécula de clorofila y una parte del P y del S forman parte de proteínas, fosfátidos, etc. Se consideró, no obstante, que la mayor parte de estos elementos podían ser tomados en forma iónica y se expresó todo el S como $\text{SO}_4^{=}$ (PIERCE y APPLEMAN, 1943). El pH de los tejidos posee valores que, usualmente, oscilan entre 5 y 6; por ello para el P se adoptó la forma PO_4H_2^- .

Que el contenido total de cationes menos el contenido total de aniones inorgánicos representa una medida de los aniones orgánicos, ha sido comprobado por diversos investigadores. Un balance que posee una aproximación adecuada (DIJKSHOORN, 1964) se obtiene al considerar que la carga positiva está determinada por:

$$C = K^+ + Na^+ + Ca^{++} + Mg^{++}$$

y la negativa inorgánica por:

$$A = \text{NO}_3^- + \text{Cl}^- + \text{PO}_4\text{H}_2^- + \text{SO}_4^{=}$$

todo ello expresado en equivalentes de las especies químicas citadas y considerando el P total en la forma PO_4H_2^- .

La diferencia $C - A$ representa, por tanto, el contenido en aniones de naturaleza orgánica, los cuales, según VAN TUIL (1965), se corresponden en un 90% con los procedentes de ácidos orgánicos derivados del ciclo de Krebs y el resto, fundamentalmente, con ácidos urónicos.

Considerando, de un lado, los cationes inorgánicos citados y, - de otro, el total de aniones inorgánicos, los ácidos orgánicos no volátiles

les, el ácido oxálico y los ácidos urónicos, KIRBY y MENGEL (1967) obtuvieron razones muy próximas a la unidad, lo que demuestra que otros componentes de la planta, con carga eléctrica, contribuyen en una forma -- muy baja a la conservación de la electroneutralidad.

7.5.2.- Algunos factores que intervienen en el balance iónico y su repercusión en el contenido de aniones orgánicos o carboxilatos.

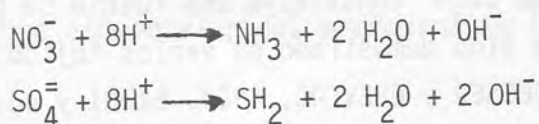
Los aniones y cationes no son absorbidos necesariamente en cantidades equimoleculares y la electroneutralidad se mantiene por el intercambio de H^+ , OH^- o CO_3H^- . ULRICH (1941) estableció que una superior absorción de A^- sobre C^+ iba acompañada por una disminución en la cantidad de carboxilatos de la raíz. En este caso, la neutralidad se mantiene por una salida de CO_3H^- (HOAGLAN y BROYER, 1936; ARNON, 1939; COIC y col., -- 1961) o por una absorción de H^+ (VAN TUIL, 1965; DIJKSHOORN y col., 1968).

Cuando la absorción de C^+ supera la de A^- , se produce un incremento en la concentración de carboxilatos (ULRICH, 1941, 1942). La absorción de OH^- o CO_3H^- (VAN TUIL, 1965, DIJKSHOORN y col., 1968) o la salida de H^+ (JACOBSON y ORDIN, 1954; POOLE y POEL, 1965) son los procesos -- que mantienen la electroneutralidad.

La forma química en que se absorbe el N $-NO_3^-$ y/o NH_4^+ condiciona enormemente el contenido de aniones y de cationes en los diversos tejidos de la planta (COIC y col., 1961; CHOUTEAU, 1960, 1963; KIRBY y -- MENGEL, 1967; HOUBA y col., 1971). Estos autores, entre otros, verificaron que las plantas alimentadas con N- NO_3^- poseían una concentración mucho más alta en ácidos orgánicos que aquellos otros alimentados con ---- N- NH_4^+ . COIC (1971) indica que el lugar donde se lleva a cabo la metabolización de los NO_3^- -hoja y/o raíz- juega un importante papel sobre el contenido catiónico (K, Ca, Mg) y en ácidos orgánicos de las hojas de las -- diversas especies vegetales ya que, cuando el ión nitrato migra hacia --

los órganos aéreos de las plantas, lo hace asociado a los cationes K, Ca y Mg, y la proporción de cada uno de ellos que es transportada depende, esencialmente, de la composición del medio de cultivo. Cuando los nitratos son metabolizados en la raíz hasta aminoácidos y amidas, estos compuestos migran con una pequeña cantidad de cationes, entre los que el K parece tener un papel privilegiado.

La importancia que la nutrición nitrogenada posee sobre el contenido en carboxilatos, que acabamos de indicar, radica en que la reducción de los nitratos --y también de los sulfatos-- provoca la síntesis de ácidos orgánicos, la cual es necesaria para neutralizar la basicidad -- que se produce como consecuencia del proceso de reducción. DIJKSHOORN, (1962) esquematiza el proceso mediante las ecuaciones:



Según DIJKSHOORN y VAN WIJK (1967) el contenido de las plantas en S orgánico no supera el 6% del N orgánico, por lo que es la reducción de los NO_3^- la que verdaderamente incide en la formación de los carboxilatos.

La absorción de NH_4^+ disminuye el contenido de carboxilatos -- ($\text{C}^+ - \text{A}^-$) porque decrece la absorción de los cationes (C^+) al ser ésta -- concomitante con la de los iones NH_4^+ . La utilización de NH_4^+ se realiza sin ganancia o pérdida en aniones orgánicos. (DIJKSHOORN, 1964).

HIATT (1967) ha comprobado que el pH de la savia refleja los de equilibrios producidos en el proceso de absorción iónica, incrementando se aqueI cuando los cationes se absorben en mayor cantidad que los aniones y decreciendo en el caso contrario; este autor propuso también la -- carboxilación del PEP para formar ácidos orgánicos de 4 átomos de C como efecto producido por la absorción de un exceso catiónico. En este sentido, JOHNSON y col., (1963) también afirman que la síntesis de carboxila-

tos es una consecuencia de la absorción catiónica y no la causa que la permite gracias al intercambio de los cationes con H^+ .

De cualquier manera, los cambios de pH originados son pequeños, y a ello contribuye la variación en el contenido de carboxilatos, los cuales previenen que haya grandes fluctuaciones en el pH de la solución celular, incrementándose de esta forma la capacidad tampón de la misma (CHOUTEAU, 1960; COIC, 1961; de WIT y col., 1963; DIJKSHOORN, 1964).

Diversos factores, tales como fallos enzimáticos y deficiencias o alteraciones nutritivas originan cambios en los contenidos de ácidos orgánicos (DEKOCK y MORRISON, 1958; ILJIN, 1951b; COOIL y SLATTERY, 1948; POPP y KINZEL, 1981).

La absorción de CO_3H^- constituye una fuente de producción de carboxilatos, y esto ha sido demostrado en varios tejidos vegetales (JACOBSEN 1955; SPLITTSTOESSER y BEEVERS, 1964; BEDRI y col., 1960). Ya ha sido citado anteriormente que RHOADS y WALLACE (1960) atribuyeron a la absorción de CO_3H^- los altos contenidos de carboxilatos de aquellas plantas que sufrían clorosis inducida por suelos calizos.

CAIN (1954) comprobó la existencia de una relación sobre el contenido foliar de los tres cationes básicos mayoritarios y la variación del pH con la aparición de clorosis.

PALMER y col., (1963) establecieron que, en las hojas verdes de plantas de mostaza, el Ca y el ácido málico se acumulan en cantidades equivalentes, pero que esta equivalencia deja de cumplirse cuando las hojas muestran síntomas de deficiencia en Fe, produciéndose entonces una elevación en el contenido de ácido cítrico y un descenso superior al experimentado por el Ca- en el contenido de ácido málico. La estrecha correlación entre Ca y ácido málico ha sido también puesto de manifiesto por otros investigadores, como COOIL (1948) y KIRKBY y DEKOCK (1965) entre otros. COOIL y SLATTERY (1948) comprobaron que el ácido málico no se acumulaba en hojas con alto contenido de K y, por el contrario, sí lo ha

cía el ácido cítrico. Estos autores aseguraron que la transformación del ácido cítrico en ácido málico estaba inhibida en hojas que muestran un alto contenido en K, lo que concuerda perfectamente con los resultados obtenidos por DEKOCK y MORRISON (1958) y con las implicaciones metabólicas asociadas a las razones P/Fe y K/Ca.

Buenas relaciones entre Ca y ácido oxálico han sido también encontradas por GILBERT y col., (1951), RASMUSSEN y SMITH (1960) y COIC y col., (1963a), entre otros, como ya se ha indicado.

El contenido catiónico aumenta con la edad de las hojas debido a la acumulación de Ca y, en menor extensión, del Mg. Ello hace que, junto con la disminución de N, el incremento en carboxilatos ($C^{+}-A^{-}$) sea paralelo a la edad de la hoja y que sean, en condiciones de normalidad, Ca y malato los que asumen el papel predominante (VICKERY, 1961; KIRKBY, DEKOCK, 1965).

Por último, indicaremos que la experiencia ha evidenciado que la acumulación de cationes inorgánicos y de carboxilatos se produce en la misma extensión (CHOUTEAU, 1960; COIC, 1962, 1963b, c, 1969; MENGEL, 1965; KIRKBY y DEKOCK, 1965; HOUBA y col., 1971).

7.5.3.- Aproximaciones realizadas en el cálculo del balance iónico

La primera de ellas es la no determinación de los iones Cl^{-} y Na^{+} . Es práctica bastante común no hacer la determinación de éstos, en la mayoría de los trabajos cuyo objetivo fundamental no sea la rigurosa realización de un balance iónico. Sin embargo, esta consecuencia no debe invalidar forzosamente la realización del mismo, pues, como ya hemos indicado anteriormente, trabajos considerados como clásicos es este campo, o no realizan la determinación de ambos elementos, o no realizan la de uno de ellos (PIERCE y APPLEMAN, 1943; COOIL, 1948, entre otros). Además, la concentración estimada como intervalo de normalidad para estos elementos en árboles frutales es generalmente inferior -sobre todo

en el caso del Na^+ a la de cualquiera del resto de macronutrientes, - LEECE, 1976a; SHEAR y FAUST (1980), CHILDERS (1966). Alguna forma iónica de elementos no metálicos -por ejemplo, $\text{SO}_4^{=}$ - podría, en alguna ocasión, mostrar niveles de concentración del mismo orden que los Cl^- , aunque en general, la ausencia de éstos no debe constituir un serio motivo de error.

En cuanto a la determinación de la carga negativa aniónica inorgánica cabe hacer las siguientes puntualizaciones.

a) Aunque está ampliamente descrito que los árboles frutales -- realizan la reducción de los NO_3^- a nivel radicular, (BOLLARD, 1956; COIC, 1971; RECALDE, 1976; HELLER, 1981), procedimos a la realización de una amplia prospección analítica con el fin de determinar si nuestros cultivos presentaban algún nivel foliar de nitratos. Sólo en algunos casos se encontraron pequeñísimas cantidades de nitratos -lo que está de acuerdo con LEECE y col., (1972)- que carecen de significación al ser expresados en meq/100 g de materia seca, por lo que no se tuvieron en cuenta. No se apreciaron distinciones entre muestras testigo y muestras tratadas.

El contenido en N, que presentamos al calcular la concentración de los tres elementos no metálicos mayoritarios, se refiere, por tanto, al N-orgánico y, debido a que 1 mol de N-orgánico es igual a 1 equivalente de NO_3^- asimilado, expresaremos los resultados del N - org como - meq/100 g de N- NO_3^- . Suponemos, en consecuencia, que todo el N, o al menos la inmensa mayoría del mismo, se absorbe en forma de nitratos, basándonos en la ausencia de fertilizaciones amónicas y en la gran capacidad de nitrificación de los suelos de la Vega de Granada (MOLINA - DIAZ, 1982).

b) El P total se considera en forma iónica a efectos del cálculo de la carga negativa, ya que las esterificaciones metabólicas no afectan esa forma (DIJKSHOORN, 1964).

El pH de la célula está, generalmente, comprendido entre 5 y 6 y, por ello, como ya indicamos antes, los fosfatos se suelen expresar en

la forma PO_4H_2^- . Sin embargo, para un pH de 7,2 la presencia de las formas PO_4H_2^- y PO_4H^- es prácticamente idéntica (COOIL, 1948; THOMPSON, 1957), siendo mayoritaria la última para valores superiores, hasta pH = 9. Dado que los valores obtenidos para el pH del suelo donde se desarrollaron los experimentos es de aproximadamente 8, y teniendo en cuenta, que DIJKSHOORN (1962) indica que para el cálculo del balance se debe adoptar las formas iónicas en que los nutrientes son absorbidos, hemos realizado los cálculos considerando que el P entra dentro de la planta como PO_4H^- .

c) DIJKSHOORN, LAMPE y VAN BURG (1960) han reconocido que la asimilación reductora del azufre discurre proporcionalmente a la del N y nunca llega a sobrepasar el 6% de la de éste. Debido a que las determinaciones de N y de S total son más corrientes que las de los sulfatos, han desarrollado un procedimiento que permite el cálculo de éstos a partir del conocimiento de los datos anteriores y de los nitratos. Esta ha sido la metodología que hemos seguido para la determinación de S inorgánico.

7.5.4.- Consideraciones sobre la composición catiónica

De acuerdo con DIJKSHOORN (1971), en los tejidos de las plantas superiores, la suma de los equivalentes de los cationes metálicos (C) es mayor que la de los aniones inorgánicos (A), y la diferencia (C-A) está acumulada en forma de carboxilatos, tales como malatos, citratos, oxalatos, succinatos, etc, de los cationes metálicos.

Los niveles de carboxilatos en los distintos órganos está controlado por la importación de iones vía xilema y la exportación de carboxilatos -fundamentalmente de K- vía floema. Las hojas jóvenes tienen requerimientos heterotróficos; una vez desarrolladas, dirigen su capacidad sintetizadora hacia la exportación de fotosintetizado, adquiriendo entonces papeles típicos de órgano de reserva. Según indica VAN EGMOND -

(1975), en un principio la hoja importa todos los materiales para su crecimiento y desarrollo desde otras partes de la planta; al alcanzar la superficie máxima de desarrollo, la hoja exporta azúcares e importa N; en la última fase del desarrollo hay una exportación neta de azúcares, N, P y K que se mantiene hasta un avanzado estado de senescencia, almacenándose en órganos de reserva y constituyendo así un ahorro alimenticio que no se pierde con la caída de las hojas. (SUTCLIFFE y BAKER, 1979).

El contenido catiónico aumenta con la edad de la hoja debido, fundamentalmente, a los elementos Ca y Mg. El contenido de K suele variar en menor proporción, disminuyendo claramente, según acabamos de indicar, en la etapa final de la vida de la hoja. KIRKBY y PILBEAM (1984) han revisado recientemente el metabolismo del Ca. Este elemento va incrementando su contenido foliar con la edad de las hojas y no es redistribuido -- desde las hojas viejas a las jóvenes, de tal manera que su movimiento -- dentro de la planta es casi exclusivamente en dirección ascendente. La razón de ello no está clara. Algunos autores, como MARSCHNER (1974), han sugerido la presencia de bombas específicas de flujo de Ca en las membranas de los tubos cribosos. BARBER (1962) indicó que la absorción de Ca y Mg en plantas crecidas en suelos, se produce, fundamentalmente, por flujo de masa, mientras que la del K y P se produce por difusión. VAN EGMOND (1975) ha explicado los incrementos catiónicos observados en hojas de remolacha azucarera, originados por aumento de los niveles de Ca y Mg, pero no de K, como inducidos directamente por un aumento en la transpiración de las plantas originada por las condiciones climáticas. Ello pone de manifiesto la importancia que puede tener la absorción mediante un mecanismo por flujo de masa respecto de la concentración foliar de tales elementos. KIRKBY y PILBEAM (1984) indican que el movimiento del Ca en el xilema se realiza, en una considerable extensión, mediante flujo de masa, siguiendo la dirección ascendente de la corriente de transpiración, pero, sin embargo, también indican que el movimiento de este elemento no se puede explicar únicamente en términos de flujo de masa, sino que, de

acuerdo con VAN de GEIJN, PETIT y ROELOFSEN (1979), el movimiento está también regulado por intercambios de adsorción entre los vasos del xilema y el apoplasto en la totalidad del tallo. KOONTZ y FOOTE (1966) encontraron que la entrada de Ca disminuía marcadamente en hojas que habían alcanzado la madurez, aún cuando éstas mantuvieron niveles elevados de transpiración. Ello parece ser el resultado de una disminución en la renovación del Ca desde los sitios de ligamento en el apoplasto, lo cual se asocia con un decrecimiento en la acumulación de Ca como sales solubles en las vacuolas celulares.

El movimiento del Ca en el xilema, siguiendo la corriente de transpiración, ha sido ampliamente descrito. Además de la importancia que en el proceso de translocación ejerce el flujo de masa y las reacciones de intercambio, MARSCHNER (1983) presentó un modelo de translocación en el que intervienen activamente los tejidos jóvenes que originan, debido al crecimiento, sitios de unión que requieren Ca; parece ser que la síntesis del IAA juega un importante papel en este requerimiento del Ca.

Para satisfacer la demanda de Ca, debido a que el floema contiene cantidades muy pequeñas del mismo, éste debe ser translocado por el xilema. En los tejidos con tasas bajas de transpiración, la presión radicular puede desempeñar un importante papel en el suministro de Ca. (KRUG, WIEBE y JUNGK, 1972).

KIRKBY y PILBEAM (1984) indican que la mayor parte del Ca absorbido por el conjunto de la planta lo es por un mecanismo pasivo siguiendo el movimiento de entrada del agua. La absorción también parece estar influenciada por el contraíón acompañante, siendo mayor con NO_3^- , seguida del Cl^- y luego del $\text{SO}_4^{=}$. De otro lado, la absorción y translocación del Ca, así como la del Mg, es realmente importante sólo en el ápice de la raíz, mientras que la de P, K, por ejemplo, lo es a lo largo de toda ella (RUSSELL y CLARKSON, 1976). Debido a esta restricción y a que el Ca no es removilizado desde los tejidos viejos a los jóvenes, incluso -

bajo condiciones de deficiencia, se puede especular que aquellos factores que distorsionan el desarrollo de la raíz, aunque sólo sea transitoriamente, pueden también distorsionar la nutrición del Ca. KIRKBY y PILBEAM (1984), también indican la existencia de un cierto consenso general acerca de que los desórdenes o desequilibrios nutritivos de Ca están originados, fundamentalmente, por problemas de translocación y distribución dentro de la planta, y no por una restricción en la absorción del mismo, ya que la concentración de Ca en la solución del suelo es, frecuentemente, muy alta.

Las plantas dicotiledóneas absorben el Ca con más facilidad -- que las monocotiledóneas (LONERAGAN y SNOWBALL, 1969) y ello está asociado con una mayor capacidad de intercambio catiónico en las raíces de las dicotiledóneas (DRAKE, VENGRIS y COLBY, 1951). Este hecho, junto -- con la no recirculación del Ca, condiciona la acumulación foliar de este elemento a lo largo del tiempo. Esta acumulación discurre paralela a la de carboxilatos (C - A), siendo el Ca y el malato quienes representan el papel dominante en tal subida. (VICKERY, 1961; KIRKBY y DEKOCK, 1965).

7.5.5.- Contenido en elementos metálicos y no metálicos mayoritarios. - Relación entre ellos

En las Tablas LXXXVI a XCIII se recogen las cantidades individualizadas, así como la sumatoria de las mismas, para los tres cationes básicos y para los tres elementos no metálicos fundamentales o mayoritarios, expresados en meq/100 g de material seco, para ambos cultivos.

Nos referiremos, en primer lugar a los datos de los elementos catiónicos.

Destaca en primer lugar, el hecho, suficientemente comentado -- ya, de que todas las muestras tratadas, sea cual sea el tratamiento recibido, poseen incrementadas las concentraciones de K; estos incrementos están reflejados en las tablas correspondientes y, en general, a ex

TABLA LXXXVI

Concentración de los tres elementos no metálicos mayoritarios analizados expresados como meq/100 g de material seco.

Primer año de experiencias. Tratamiento primero

Ciruelos											
Recogida	Testigos				Tratados				$\Delta \Sigma$	ΔN	$\Delta (S + P)$
	N	P	S	Σ	N	P	S	Σ			
1ª	288,5	12,2	9,6	250,3	197,8	12,1	12,2	222,1	-28,2	-30,7	2,5
2ª	219,2	11,6	10,6	241,0	202,1	12,4	12,2	226,7	-14,3	-17,1	2,4
3ª	232,8	11,2	10,2	254,2	214,2	12,2	11,3	237,7	-16,5	-18,6	2,1
4ª	230,6	9,2	10,8	250,6	187,1	9,6	11,8	208,5	-42,1	-43,5	1,4
Cerezos											
Recogida	N	P	S	Σ	N	P	S	Σ	$\Delta \Sigma$	ΔN	$\Delta (S + P)$
1ª	185,7	12,4	9,7	207,8	203,6	15,0	11,4	230,0	22,2	18,2	4,3
2ª	191,4	11,0	9,9	212,3	211,4	14,2	11,4	237,0	24,7	20,0	4,7
3ª	174,3	9,8	9,7	193,8	190,7	12,2	11,1	214,0	20,2	16,4	3,8
4ª	144,3	7,2	9,9	161,4	143,6	9,2	10,9	163,7	2,3	- 0,7	3,0

TABLA LXXXVII
Concentración de los tres elementos metálicos mayoritarios analizados expresados en meq/100 g de material seco. Primer
año de experiencias. Tratamiento primero

<u>Ciruelos</u>											
<u>Recogida</u>	<u>Testigos</u>				<u>Tratados</u>				<u>$\Delta \Sigma$</u>	<u>ΔK</u>	<u>$\Delta (Ca + Mg)$</u>
	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>Σ</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>Σ</u>			
1ª	30,4	63,9	28,0	122,3	45,8	70,4	28,0	144,2	21,9	15,4	6,5
2ª	28,3	79,8	33,7	141,8	46,8	80,3	31,3	158,4	16,6	18,5	-1,9
3ª	30,2	85,3	33,7	149,2	45,5	83,3	30,4	159,2	10,0	15,3	-5,3
4ª	41,9	119,8	41,1	202,8	51,4	112,3	37,0	200,7	- 2,1	9,5	-11,6
<u>Cerezos</u>											
<u>Recogida</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>Σ</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>Σ</u>	<u>$\Delta \Sigma$</u>	<u>ΔK</u>	<u>$\Delta (Ca + Mg)$</u>
1ª	23,5	71,0	40,0	134,5	36,1	77,5	41,7	155,3	20,8	12,6	8,2
2ª	18,4	80,5	48,3	147,2	32,7	88,0	49,2	169,9	22,7	14,3	8,4
3ª	18,7	84,5	50,8	154,0	29,2	91,0	50,0	170,2	16,2	10,5	5,7
4ª	11,0	119,5	70,0	200,5	22,8	125,5	63,3	211,6	11,1	11,8	-0,7

TABLA LXXXVIII

Concentración de los tres elementos no metálicos mayoritarios analizados expresados en meq/100 g de material seco. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo

Recogida	Testigos				Tratados						
	N	P	S	Σ	N	P	S	Σ	ΔΣ	ΔN	Δ (P + S)
1ª	197,1	9,0	11,4	217,5	216,4	9,6	13,1	239,1	21,6	19,3	2,3
2ª	172,9	8,8	11,9	193,6	180,7	9,6	13,6	203,9	10,3	7,8	2,5
3ª	169,3	8,0	11,8	189,1	150,7	9,6	14,3	174,6	-14,5	-18,6	4,1
4ª	166,4	8,0	12,8	187,2	144,3	9,6	15,2	169,1	-18,1	-22,1	4,0

Recogida	Testigos				Tratados						
	N	P	S	Σ	N	P	S	Σ	ΔΣ	ΔN	Δ (P + S)
1ª	128,5	7,0	10,5	146,0	150,7	9,8	13,4	173,9	27,9	22,2	5,7
2ª	118,6	7,0	10,3	135,9	148,5	9,0	13,4	170,9	35,0	29,9	5,1
3ª	116,4	6,4	10,0	132,8	139,2	8,2	13,1	160,5	27,7	22,8	4,9
4ª	109,2	5,6	10,2	125,0	127,8	4,1	13,0	149,0	24,0	18,6	1,3

TABLA LXXXIX

Concentración de los tres elementos metálicos mayoritarios analizados expresados en meq/100 g de material seco.

Primer año de experiencias. Tratamiento segundo

Ciruelos

<u>Recogida</u>	<u>Testigos</u>				<u>Tratados</u>				<u>$\Delta\Sigma$</u>	<u>ΔK</u>	<u>$\Delta(Ca + Mg)$</u>
	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>Σ</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>Σ</u>			
1ª	37,6	120,5	47,2	205,3	51,2	111,5	37,4	200,5	-5,2	-13,6	-18,8
2ª	39,9	120,0	46,5	206,4	55,8	108,0	36,5	200,3	-6,1	-15,9	-22,0
3ª	35,0	129,5	49,6	214,1	52,2	109,5	36,0	197,7	-16,4	-17,2	-33,6
4ª	31,7	130,0	47,6	209,3	43,2	124,5	41,0	208,7	-0,6	-11,5	-12,1

Cerezos

<u>Recogida</u>	<u>Testigos</u>				<u>Tratados</u>				<u>$\Delta\Sigma$</u>	<u>ΔK</u>	<u>$\Delta(Ca + Mg)$</u>
	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>Σ</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>Σ</u>			
1ª	11,0	119,0	70,0	200,0	22,8	124,5	60,8	208,1	+8,1	-11,8	-3,7
2ª	10,2	132,5	75,8	218,5	19,9	126,5	60,8	207,2	-11,3	9,7	-21,0
3ª	8,7	145,5	81,6	235,8	18,4	133,5	58,3	210,2	-25,6	9,7	-35,5
4ª	7,4	171,0	91,7	270,1	16,4	144,0	61,7	222,1	-48,0	9,0	-57,0

TABLA XC

Concentración de los tres elementos no metálicos mayoritarios analizados expresados como meq/100 g de material seco.
Segundo año de experiencias. Tratamiento primero

Ciruuelos											
Recogida	Testigos				Tratados				$\Delta \Sigma$	ΔN	$\Delta (S + P)$
	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Σ</u>	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Σ</u>			
1ª	201,4	14,8	9,4	225,6	225,6	15,4	10,0	251,0	25,4	24,2	1,2
2ª	212,8	14,8	10,6	238,2	230,0	15,4	11,3	256,7	18,5	17,2	1,3
3ª	196,4	13,0	9,4	218,8	188,5	12,8	10,6	211,9	-6,9	-7,9	1,0

Cerezos											
Recogida	Testigos				Tratados				$\Delta \Sigma$	ΔN	$\Delta (S + P)$
	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Σ</u>	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Σ</u>			
1ª	192,1	14,2	8,9	215,2	205,7	18,6	8,9	233,2	18	13,6	4,4
2ª	192,8	12,4	8,8	214,0	198,5	16,4	8,9	223,8	9,8	5,7	4,1
3ª	188,5	10,4	8,9	207,8	195,7	14,0	9,6	219,3	30,8	7,2	4,3

TABLA XC1

Concentración de los tres elementos metálicos mayoritarios analizados expresados como meq/100 g de material seco. Segundo año de experiencias. Tratamiento primero

<u>Ciruelos</u>											
<u>Recogida</u>	<u>Testigos</u>				<u>Tratados</u>				<u>$\Delta \Sigma$</u>	<u>ΔK</u>	<u>$\Delta (Ca + Mg)$</u>
	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>Σ</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>Σ</u>			
1ª	27,4	64,5	26,7	118,6	49,9	62,0	25,8	137,7	19,1	22,5	-3,4
2ª	34,3	65,5	29,2	129,0	53,7	65,5	28,3	147,5	18,5	19,4	-0,9
3ª	35,0	74,0	31,7	140,7	51,4	67,5	29,2	148,1	7,4	16,4	-9,0
<u>Cerezos</u>											
<u>Recogida</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>Σ</u>	<u>K</u>	<u>Ca</u>	<u>Mg</u>	<u>Σ</u>	<u>$\Delta \Sigma$</u>	<u>ΔK</u>	<u>$\Delta (Ca + Mg)$</u>
1ª	22,7	37,5	30,0	90,2	33,2	57,5	30,0	120,7	30,5	10,5	20
2ª	22,0	51,5	35,8	109,3	35,5	65,5	35,0	136,0	26,7	13,5	13,2
3ª	16,4	76,0	52,5	144,9	31,7	75,5	41,7	148,9	4,0	15,3	-11,3

TABLA XCII

Concentración de los tres elementos no metálicos mayoritarios analizados expresados como meq/100 g de material seco.

Segundo año de experiencias. Tratamiento segundo

<u>Ciruelos</u>											
<u>Recogida</u>	<u>Testigos</u>				<u>Tratados</u>				<u>$\Delta \Sigma$</u>	<u>ΔN</u>	<u>$\Delta (P + S)$</u>
	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Σ</u>	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Σ</u>			
1ª	194,3	11,6	10,0	215,9	195,0	13,0	11,3	219,3	3,4	0,7	2,7
2ª	195,0	11,6	10,0	216,6	169,3	11,4	11,3	192,0	-24,6	-25,7	1,1
3ª	192,8	11,4	10,6	214,8	166,4	11,2	11,3	188,9	-25,9	-26,2	0,5
4ª	189,3	10,8	11,9	212,0	167,8	9,8	13,8	191,4	-20,6	-21,5	0,9
<u>Cerezos</u>											
<u>Recogida</u>	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Σ</u>	<u>N</u>	<u>P</u>	<u>S</u>	<u>Σ</u>	<u>$\Delta \Sigma$</u>	<u>ΔN</u>	<u>$\Delta (P + S)$</u>
1ª	190,0	9,0	4,7	203,7	174,3	12,0	5,9	192,2	-11,5	-15,7	4,2
2ª	159,3	9,2	4,6	173,1	166,4	10,6	5,5	182,5	9,4	7,1	2,3
3ª	154,3	9,4	4,2	167,9	167,1	10,2	5,3	182,6	14,7	12,8	1,9
4ª	139,8	9,0	4,5	153,3	155,2	9,6	5,4	170,2	16,9	15,4	1,5

TABLA XCIII

concentración de los tres elementos metálicos mayoritarios analizados expresados como meq/100 g de material seco.

Segundo año de experiencias. Tratamiento segundo.

Ciruelos

Recogida	Testigos				Tratados				$\Delta \Sigma$	ΔK	$\Delta (Ca + Mg)$
	K	Ca	Mg	Σ	K	Ca	Mg	Σ			
1ª	31,7	109,0	42,5	183,2	50,1	91,5	34,1	175,7	-7,5	18,4	-25,9
2ª	32,7	109,0	42,5	184,0	50,1	89,5	34,1	173,7	-10,5	17,4	-27,9
3ª	36,1	116,5	45,8	198,4	52,9	90,5	34,1	177,5	-20,9	16,8	-37,7
4ª	35,5	116,0	45,0	196,5	51,1	94,0	35,0	180,1	-16,4	15,6	-32,0

Cerezos

Recogida	Testigos				Tratados				$\Delta \Sigma$	ΔK	$\Delta (Ca + Mg)$
	K	Ca	Mg	Σ	K	Ca	Mg	Σ			
1ª	9,2	129,5	71,6	210,3	27,1	85,5	46,9	159,5	-50,8	17,9	-68,7
2ª	9,0	129,0	76,5	214,5	24,8	88,0	48,5	161,3	-53,2	15,8	-69,0
3ª	9,0	146,5	49,0	234,5	24,8	98,5	50,2	173,5	-61,0	15,8	-76,8
4ª	7,2	150,5	84,7	242,4	22,8	103,5	51,8	178,1	-64,3	15,6	-79,9

cepción del primer tratamiento del año 1979, tienen tendencia a disminuir con el tiempo, reduciéndose, por tanto, las diferencias entre muestras testigos y tratadas.

Las tendencias generales que presenta la variación de la suma de los tres cationes es a disminuir con el tiempo, aunque las muestras tratadas no presentan siempre contenidos inferiores a los testigos. Esta disminución es manifiestamente clara para el periodo de tiempo correspondiente a los segundos tratamientos realizados (Tablas LXXXIX y XCIII) en cada uno de los dos años en los que se llevó a cabo la experiencia, pero no así en los primeros tratamientos (Tablas LXXXVII y XCI) -aunque la tendencia a la baja se observa claramente- y, en particular, el cerezo es el cultivo donde se observan, incluso, incrementos iniciales respecto a los testigos- para la citada sumatoria.

En los apartados anteriores se comentó que en el primer tratamiento del año 1978 (Tabla LXXXVII), la composición del pesticida y el menor porte de los cerezos podían ejercer un papel a tener en cuenta; sin embargo, no parecen ser estos factores los que intervienen decisivamente en las variaciones del $\Delta(\text{Ca} + \text{Mg})$ en cerezos después de recibir el primer tratamiento del año 1979 (Tabla LXXXIX), si bien la tendencia a la disminución, respecto de los árboles testigos, es manifiesta.

Los incrementos experimentados por el K y, el aumento experimentado por el Ca o el pequeño descenso en la concentración del mismo, a lo largo del periodo de tiempo de los primeros tratamientos de cada año, hacen que, durante el seguimiento de estas experiencias la sumatoria de los tres cationes básicos sea superior para las muestras tratadas, situación que se invierte totalmente cuando se consideran las sumatorias correspondientes a los segundos tratamientos.

Estas variaciones en los contenidos de los cationes ha de suponer que las condiciones de absorción y/o translocación de los mismos no deben ser iguales en plantas testigo y en plantas tratadas. MUNSON (1968)

ha evidenciado que cuando se realizan ensayos de fertilización potásica a distintos niveles, la concentración de K aumenta en éstos y la de los cationes divalentes disminuye, decreciendo, al propio tiempo, la suma de los tres cationes, de tal manera que la suma mayor corresponde al ni vel cero de fertilización. Este hecho también fue puesto de manifiesto por SHEAR y col., (1953), en aleuritas, quienes indicaron que la acumulación de K producía una disminución en el contenido de los tres cationes, lo que es corroborado por las experiencias de DROSDOFF y LAGASSE -- (1950). Estas observaciones, junto a los hechos de que no se modifica -- el medio de cultivo, que las raíces de los árboles no tienen porqué ver se afectados, y, además, a la opinión generalizada, manifestada por -- KIRKBY y PILBEAM (1984), acerca de que la mayoría de los cambios que se producen en los contenidos de Ca son debidos a problemas relacionados con la distribución y translocación del mismo dentro de la planta, podrían hacer pensar, en una primera aproximación, que los tratamientos plaguicidas afectan marcadamente la translocación de al menos algunos elementos nutritivos.

En esta línea de interpretación sería importante verificar en ulteriores experiencias el papel que la transpiración ha podido jugar -- en la variación de los nutrientes Ca y Mg, ya que, en principio, no es descabellada la idea de que la transpiración de las hojas se vea afecta da por los tratamientos, pues aparte de que el propio producto plaguici da pueda actuar sobre la fisiología del fenómeno, la formación u el man tenimiento de abundantes depósitos superficiales podrían inhibir, por -- sí solos, la tasa de transpiración foliar. Este fenómeno, por tanto, ca so de producirse, podría contribuir a explicar las minoraciones de Ca y Mg --que, según hemos comentado anteriormente, parecen translocarse en -- forma considerable mediante un mecanismo de flujo de masa--, sobre todo, en los segundos tratamientos de cada año y en particular en el corres-- pondiente al año 1979. Además, LUDDERS (1973) ha puesto de manifiesto -- en experimentos realizados sobre manzanos, la existencia de una correla

ción inversa entre la razón K/Ca foliar y el coeficiente de transpiración.

En esta época se puede considerar que las hojas están maduras y que la translocación del Ca (Gráficas 30 y 41) desciende (KOONTZ y FOOTE, 1966), siendo entonces, precisamente, cuando se agudizan más las diferencias entre las concentraciones de hojas tratadas y testigos. Las disminuciones más acusadas se produjeron en el segundo tratamiento del año 1979 (Tabla XCIII), siendo allí donde se manifestó clorosis pasajera en las hojas inferiores de cerezos y bordes quemados en las hojas de ambos frutales.

En su obra de Fisiología Vegetal, BARCELO y col., (1980) indican que uno de los papeles atribuidos a la transpiración es el de refrigeración de la hoja. Si este mecanismo está restringido y la hoja recibe la misma radiación calórica, se produce una distorsión en el balance calorífico que implicaría una subida de la temperatura de la hoja hasta que las pérdidas por radiación -ley de Stephan- equilibren las que antes se producían como consecuencia de la evaporación. Esta subida de temperatura podría llegar a producir quemaduras o sequedad de bordes en las hojas de las muestras tratadas.

Algunos días después de este tratamiento, bastantes hojas de los cerezos tratados, especialmente de la parte externa y más baja de los árboles -sin lugar a dudas las que recibieron mayor cantidad de productos fitosanitarios- palidecieron, se tornaron amarillas y cayeron. Estas hojas no fueron analizadas, pero sí aquellas que permanecieron verdes y, generalmente, con los bordes parduzcos y resecos, de tal manera que, como se puede observar en la Tabla LXXXV, son precisamente las que dan valores más elevados para los indicadores de deficiencia de hierro. Es probable, por tanto, que, además, del posible papel que pueda jugar una hipotética disminución de la transpiración como una forma de explicar o de contribuir a explicar las disminuciones de Ca y Mg, sea -

una cierta deficiencia de Fe, o, al menos, una cierta predisposición a ella causada por los productos plaguicidas aplicados, quienes contribuyen a impedir una adecuada absorción y, sobre todo, translocación del Ca, de acuerdo con los niveles de Ca foliar hallados por CARPENA y col., -- (1972b, 1976) en limoneros presentando síntomas de clorosis inducida por suelos calizos, tal y como se quedó puesto de manifiesto.

En las Tablas LXXXVII, LXXXIX, XCI y XCIII está indicado el incremento en la concentración foliar de K de las muestras tratadas, el cual está comprendido entre 10 y 20 meq. del elemento por cada 100 g de material seco. En los primeros tratamientos de cada año (Tablas LXXXVII y XCI) el efecto observado es que a lo largo del tiempo de muestreo disminuye la concentración de los cationes divalentes, respecto de su testigo, la cual, sobre todo en cerezos, resulta también incrementada en las muestras iniciales. Se observa claramente el antagonismo entre estos cationes y el K. En los segundos tratamientos de cada año (Tablas LXXXIX y XCIII) este antagonismo alcanza cotas muy marcadas, pues la disminución de los cationes divalentes llega a superar con mucho el aumento experimentado por el K --sobre todo en cerezos., lo que conlleva a que el contenido global de los tres cationes básicos haya descendido en forma muy -- apreciable en las muestras tratadas respecto de los testigos, hecho no -- observado en los tratamientos iniciales de cada año, existiendo ahora -- concordancia con las observaciones de MUNSON (1968), SHEAR y col., (1953) y DROSDOFF y LAGASSE (1950), citados anteriormente.

MENGEL y KIRKBY (1980), en su trabajo de revisión sobre el K, -- han destacado la función que este elemento desarrolla en el mantenimiento de la turgencia celular y en la economía de agua de las plantas, de -- tal manera que indican que la toma de agua y el transporte de la misma -- dentro de la planta mantienen una estrecha relación con el estado de nutrición potásica de la planta, jugando un activo papel en el desarrollo de la presión radicular. Además, el K refuerza la capacidad de las célu-

las de las plantas a retener el agua reduciendo las pérdidas por transpiración (BRAG, 1972). Este hecho está descrito como un efecto beneficioso para la planta, ya que se aumenta la turgencia de la misma, lo -- que favorece la expansión celular de las hojas jóvenes.

En nuestras condiciones es difícil evaluar si este aumento de K que presentan las hojas tratadas podría influir sobre las concentraciones foliares de Ca y Mg porque realmente, fuese capaz de provocar -- disminución en la transpiración, por simples fenómenos de antagonismos o por otro tipo de causas indirectas; lo cierto es que la concentración de K aumenta y la de los cationes divalentes disminuye. Hemos encontrado un precedente bibliográfico en los estudios llevados a cabo por CHABOUSSOU (1969) respecto a elucidar la reinfestación de la viña por diversas ácaros después de ser tratada con algunos productos insecticidas, y, para determinados productos, como el D D T (1331) y carbaril (1611), encuentra alteraciones catiónicas muy en la línea de los hallados por -- nosotros. Este autor, como ya indicamos, mantiene que determinados productos fitosanitarios alteran la proteosíntesis de las plantas, disminuyéndola y creando condiciones alimenticias propicias -aumento de azúcares solubles y de aminoácidos libres en los tejidos vegetales- para el desarrollo de determinados parásitos (CHABOUSSOU, 1967b). Este tipo de alteraciones fue observado también por ILJIN (1951a, b) en árboles frutales con sintomatología de clorosis férrica inducida por suelos calizos, poniéndose, por tanto, de manifiesto, una vez más, la coincidencia de observaciones directas o indirectas entre plantas que sufren algún -- grado de clorosis y aquellos otros que se ven alterados en sus parámetros nutritivos por acción de determinados tratamientos plaguicidas. Como ya hemos mencionado, HAMZE y WACQUANT (1984) han encontrado que en -- medios clorosantes las plantas calcífugas cloróticas absorben menos K y más Ca que las calcícolas y, sin embargo, las hojas poseen un mayor contenido de K y un menor contenido de Ca. Los autores detectan también un menor contenido de Fe activo y opinan que el aumento de K está origina-

do por un bloqueo en la exportación foliar del mismo debido a una disminución de la fotosíntesis ocasionada por insuficiencia de Fe.

El incremento de la concentración foliar de K ha de estar originado, bien por un impedimento en la redistribución del mismo o por un incremento neto en su aporte. Una explicación al primer caso podría ser la dada por los autores anteriormente citados. En el segundo caso se necesitaría algún anión que contrarrestase la carga del K, cuyo aumento foliar podría deberse a un aumento en la absorción o en la translocación del elemento desde otros tejidos de reserva.

En los primeros tratamientos de cada año (Tablas LXXXVII y XCI) se aprecia, que, en general, las muestras tratadas poseen un mayor contenido catiónico que las muestras testigo, colaborando a ello, en el caso de los cerezos, los incrementos obtenidos para el Ca, los cuales, en el primer tratamiento del año 1979, no es probable que estuviesen originados por los productos del tratamiento. Ante estos hechos lo lógico es esperar que este incremento catiónico esté compensado con un aumento aniónico ya sea de tipo orgánico o inorgánico. Dejamos fuera de consideraciones el Cl^- , cuya determinación no ha sido realizada, aunque sus contenidos no parecen ser excesivamente importantes en estos cultivos.

En las Tablas LXXXVI y XC se resumen las variaciones habidas en los tres elementos no metálicos mayoritarios analizados. En el caso del primer tratamiento del año 1978, para los ciruelos, la sumatoria de los tres elementos no metálicos no sólo no aumenta sino que disminuye, y esto sucede de nuevo para este cultivo en la tercera recogida del primer tratamiento del año 1979. Los cerezos responden a ambos tratamientos elevando la concentración foliar del conjunto de los tres nutrientes, pero existe desproporción en las sumatorias de cationes y elementos no metálicos para diversas recogidas. Se observa, pues, que, en general, el aumento del total de cationes no está bien equilibrado por la variación de la sumatoria de los elementos no metálicos analizados.

Mediante un análisis más detallado de los datos mostrados en las Tablas citadas, salta a la vista que, los incrementos que experimentan los elementos S y P, aún supuestos totalmente en forma iónica son insuficientes como para equilibrar el incremento catiónico, teniendo en cuenta que la especie química que hemos adoptado para calcular los meq. de P ha sido PO_4H^- -lo que supone incrementar los meq obtenidos- la cual predomina sobre PO_4H_2^- solamente a pH inferiores a 7. De otro lado, de acuerdo con los trabajos de DIJKSHOORN y col., (1960, 1967), la cantidad de S que permanece como sulfato debe ser realmente pequeña si es que existe en forma apreciable.

Otra posibilidad que resta -a pesar de la disminución de N observada en ciruelos para el primer tratamiento del año 1978 (Tabla LXXXVI) es que el aumento de cationes esté compensado por iones NO_3^- , ya que este anión es absorbido con mayor facilidad y rapidez que los demás (HELLER, 1981). Sin embargo, esta posibilidad, tal y como comentamos a continuación, parece poco probable. COIC (1971), LIPS y BENZONI (1971), KIRKBY y col. (1981) entre otros, opinan que, al menos en aquellas plantas que realizan una determinada reducción de NO_3^- en las hojas, los iones que fundamentalmente acompañan al NO_3^- en su transporte a lo largo del xilema son K^+ y Ca^{++} . Esto implica que un aumento en los NO_3^- que llegan a la hoja debe ir acompañado por un aumento en el contenido foliar de K y de Ca, y esto sólo ocurre, en líneas generales para los tratamientos que estamos comentando, en cerezos. Además, según algunos autores, como BOLLARD (1953), COIC (1971), RECALDE (1976) y HELLER (1981), los árboles frutales se caracterizan porque realizan la reducción de los nitratos en las raíces. De otro lado, la mineralización utilizada para la determinación de $\text{N} - \text{SO}_4\text{H}_2 - \text{H}_2\text{O}_2$ permite no sólo la determinación del N-orgánico, sino también un notable porcentaje del contenido de NO_3^- (EKPETE y CORNFIELD, 1964), por lo que no debe pensarse que la disminución de N observada para los ciruelos en el primer tratamiento del año 1978 esté originada porque parte de él llegue y permanezca -

en las hojas como NO_3^- ; si bien cabría la posibilidad de que, con las limitaciones ya señaladas, este mecanismo contribuyese a explicar parte de los incrementos catiónicos observados.

Con estos antecedentes abordamos la determinación de los NO_3^- como ya hemos indicado anteriormente y no obtuvimos resultados positivos apreciables, por lo que se puede concluir que las hojas de los árboles que constituyeron nuestras experiencias, tanto testigos como tratados, no contenían cantidades significativas de nitratos, por lo que ni este anión, ni sulfatos y fosfatos, contribuyen a explicar los incrementos catiónicos de las muestras tratadas. Sólo resta como posibilidad, exclusión hecha del contenido en Cl^- , que este aumento esté compensado por aniones de naturaleza orgánica.

No es aplicable a nuestro caso la explicación dada por MOLINA-DIAZ (1982) a la existencia de desequilibrios N-K originados por un aumento en el transporte de NO_3^- hacia las hojas, debido a un exceso de abonado en forma nítrica, aunque los resultados estudiados por este investigador pueden llegar a reducir en las hojas cantidades significativas de NO_3^- . De todas formas, parece importante resaltar el hecho de que estos desequilibrios, que parecen ser bastante comunes en la zona de la Vega de Granada, pueden tener su origen en la aplicación de determinados productos plaguicidas.

Los aniones de naturaleza orgánica que pueden equilibrar a los cationes serán, fundamentalmente, los carboxilatos, aunque, de acuerdo con COIC (1971), cuando la reducción de los nitratos se lleva a cabo en la raíz de la planta, el K -en pequeña cantidad- es el que acompaña, de forma privilegiada entre los cationes, a los aminoácidos y amidas en su translocación a otras partes de la planta. Sin embargo, según VAN TUIL (1965), los aminoácidos libres se compensan eléctricamente como iones dipolares o zwitteriones en el intervalo normal del valor del pH celular (entre 5 y 6). Esto es debido a que el punto isoeléctrico de la mayoría

de los aminoácidos -hay importantes excepciones, como el ácido aspártico y el ácido glutámico- está comprendida entre estos valores. No obstante, en aquellas condiciones en las que se vea favorecido un aumento de las fracciones nitrogenadas libres, es posible que, debido al alto valor del pH del floema (MARSCHNER, 1974), esta forma de equilibrio catiónico adquiriese alguna importancia, sobre todo respecto a los cambios del ión K, pues es sabido que el Ca y el Mg no son translocados, al menos en forma significativa, por el floema (MARSCHNER, 1974; KIRKBY y PILBEAM, 1984).

Nosotros no hemos medido directamente la concentración de carboxilatos -y para la determinación indirecta como (C-A) ya hemos señalado las aproximaciones realizadas-, ni tampoco hemos medido las fracciones nitrogenadas libres; sin embargo, los resultados obtenidos en los índices de equilibrio ternario y algunos antecedentes bibliográficos hacen importante la necesidad de profundizar en estos aspectos.

Así, HOFFMAN y SAMISH (1971) afirman que la fracción nitrogenada libre -aminoácidos, aminos, amidas...- se acumula en hojas de árboles frutales de hoja caduca en condiciones de deficiencia o de exceso de K. Los índices de los equilibrios ternarios obtenidos por nosotros para estos tratamientos (Tablas LXXXVII y XCI) indican claramente que, en ciruelos, existe un exceso de K que incide en el desequilibrio N-K, mientras que en cerezos, los índices de K de las muestras tratadas están en los niveles de los índices teóricos esperados para el desequilibrio N-10P-K y aumentados en el K-Ca-Mg. Sin embargo, los cerezos tratados presentan índices de N más bajos -más alejados de los valores teóricos- que los mostrados por las muestras testigo.

Además, no hay que olvidar que, como indican los investigadores citados más arriba, la concentración fisiológica óptima de K difiere de acuerdo con la constitución genética de la planta y las condiciones del medio ambiente.

Cabe la posibilidad, pues, la cual resta por investigar, de que el aumento detectado por nosotros en la concentración foliar de K vaya --- acompañada de un aumento concomitante de las fracciones de N soluble. -- SMITH (1967) ha indicado que aquellas plantas que contienen un exceso de ácidos orgánicos producen aminos como elementos de neutralización. De -- acuerdo con HEWITT (1963), de un lado y de COOIL (1948), CUMMINGS y TEEL (1965) y HOFFMAN y SAMISH (1971), de otro, es probable que un exceso de K origine primariamente un exceso de ácido cítrico que sea el que induzca la formación de aminos cuando aquél alcance niveles perturbadores. De esta manera, de acuerdo con THOMAS y col., (1953), el K favorecería la - acción de la "piruvato kinasa", enzima que permite el paso del PEP a pirúvico y, de aquí, previa formación del Ac-CoA, entrar en el ciclo de -- Krebs para formar ácido cítrico.

Es conocido que el aumento de K favorece la síntesis protéica; sin embargo, como ya se ha indicado, existen evidencias muy claras -como las mostradas también por BARKER y BRADFIELD (1963)- de que a partir de un cierto límite, el K origina incremento en el N no protéico. COOIL y - SLATTERY (1948) indicaron que la transformación del ácido cítrico en ácido málico estaba inhibida o disminuida en hojas que muestran un alto contenido en K y esto es lo que DEKOCK y MORRISON (1958b) encontraron en -- plantas deficientes en Fe por causas diversas y que correlacionaron con las razones P/Fe y K/Ca. Aunque no se han determinado los ácidos orgánicos ni las fracciones de N-soluble, es bastante factible pensar que, debido a las amplias referencias bibliográficas acerca de la relación ácido cítrico -K y ácido málico y/o ácido oxálico- Ca, los cambios minerales detectados en las muestras tratadas, pudiesen ir acompañados de es--tos cambios en la composición de ácidos orgánicos y de un aumento en la fracción de N-soluble, fundamentalmente aminoácidos, como ha sido puesto de manifiesto por diversos autores.

7.5.6.- Establecimiento indirecto del contenido en carboxilatos. Balance iónico.

Los carboxilatos (C -A), salvando las aproximaciones realizadas en su cálculo, las cuales fueron descritas, en el apartado 7.5.3., se encuentran aumentados en las muestras que recibieron los primeros -- tratamientos de cada año, según se puede apreciar en las Tablas XCIV y XCV, lo que evidencia que se ha producido un aumento en el contenido -- de ácidos orgánicos. EAVES y LEEFE (1955), FISHER y KWONG (1961) y --- KWONG y FISHER (1962) observaron que un incremento en el contenido de K foliar estaba correlacionado con un aumento de "ácidos valorables" en -- manzanos y melocotoneros. KWONG (1965) también observó este mismo hecho en cerezos, aunque el aumento detectado en el contenido de ácidos no -- fue significativo. De otro lado, CAIN (1954) encontró que las hojas clo -- róticas de arándanos tenían un pH más elevado que las hojas sanas de la misma edad. Verificó la existencia de una correlación positiva entre el pH y la acumulación de los cationes básicos Ca, Mg y K. Además, diver-- sos autores (McGEORGE, 1949; ILJIN, 1951b; DEKOCK y MORRISON, 1958b; -- RHOADES y col., 1959) han demostrado el incremento de ácido cítrico en plantas que padecen diversos tipos de clorosis, y ya hemos señalado en -- varias ocasiones que este hecho está relacionado también con las razo-- nes K/Ca, P/Fe y con el incremento de K. Distintos investigadores --- (BROWN, 1978; CROWN y AMBLER, 1970; VENKAT-RAJU y col., 1972; LANDSBERG, 1981) han encontrado un aumento de ácidos orgánicos en las raíces de -- las plantas cultivadas en medios de cultivo deficientes en Fe. SU y MI-- LLER (1960) encontraron incrementada la concentración foliar de ácidos orgánicos en plantas cloróticas de soja, existiendo igualmente incremen-- tos significativos de ácido cítrico.

Los valores encontrados por nosotros, aún sin ser excesivamente llamativos, están en la misma línea que los antecedentes bibliográfi-- cos reseñados. Si a un aumento en el contenido de los carboxilatos (C-A),

TABLA XCIV

Concentración foliar de carboxilatos (C-A) expresada en meq/100 g de material seco. Primer año de experiencias

Tratamiento primero				
Recogida	Ciruelos		Cerezos	
	Testigos	Tratadas	Testigos	Tratadas
1ª	110,1	129,9	121,6	139,0
2ª	130,2	143,9	135,9	154,8
3ª	138,0	146,4	190,6	198,8
4ª	193,6	189,1	190,6	198,8
Tratamiento segundo				
Recogida	Ciruelos		Cerezos	
	Testigos	Tratadas	Testigos	Tratadas
1ª	194,7	188,2	189,0	193,0
2ª	194,3	186,1	207,2	192,2
3ª	202,7	181,2	225,2	195,8
4ª	196,8	192,1	259,7	211,4

TABLA XCV

Concentración foliar de carboxilatos (C-A) expresada en meq/100 g de material seco. Segundo
año de experiencias

		Tratamiento primero			
		Ciruelos		Cerezos	
Recogida		Testigos	Tratadas	Testigos	Tratadas
1ª		103,8	122,3	76,0	102,1
2ª		114,2	132,1	96,9	119,6
3ª		127,7	135,3	134,5	134,9
		Tratamiento segundo			
		Ciruelos		Cerezos	
Recogida		Testigos	Tratadas	Testigos	Tratadas
1ª		171,3	160,2	201,3	147,5
2ª		172,3	159,3	205,3	150,7
3ª		186,1	163,3	225,1	163,3
4ª		183,2	164,8	233,2	168,5

le unimos los fuertes incrementos experimentados por la concentración foliar de K, así como las variaciones sufridas por los indicadores inorgánicos utilizados para detectar el estado nutritivo de la planta respecto del nutriente hierro, es lícito plantearse -aunque naturalmente se requieran comprobaciones complementarias- si, realmente, los tratamientos realizados, sin llegar a producir estados de manifestación visual, no estarán minando el metabolismo del Fe y predisponiendo a las plantas tratadas a sufrir una deficiencia severa de este elemento o, al menos, a poseer un estado nutritivo inorgánico distorsionado que así lo haga pensar.

Los segundos tratamientos, llevados a cabo en cada uno de los dos años en los que se realizaron las experiencias, se caracterizan porque, en ambos cultivos, se produce, de forma general, un fuerte descenso en las concentraciones foliares de Ca y de Mg -mucho más acusado e incrementándose a lo largo del tiempo en Cerezos- (Tabla LXXXIX y XCIII) -- que hace que la sumatoria de los tres cationes básicos sea sensiblemente menor en las muestras tratadas. Ello comportará disminución de los carboxilatos (C-A) (Tablas XCIV y XCV), mucho más acusada en cerezos. De acuerdo con la bibliografía, ya ampliamente reseñada, estos cambios minerales deben de ir acompañados por disminuciones muy marcadas de ácido málico y/o oxálico (DEKOCK, 1964; VICKERY, 1961; KIRKBY y DEKOCK, 1965, -- PALMER y col., 1963, etc.) y por el incremento o mantenimiento de los niveles de ácido cítrico. En estos tratamientos es donde se producen las mayores variaciones en los indicadores de la deficiencia de Fe y es, además, donde se da una cierta sintomatología visual. Este conjunto de parámetros apuntan de nuevo a sospechar una alteración en el metabolismo del Fe y, ahora, de forma más pronunciada que en los otros tratamientos. En cuanto a la disminución experimentada en la concentración de ácidos orgánicos, ésta ha sido encontrada por DEKOCK y MORRISON (1958b) en plantas afectadas por diversos tipos de clorosis.

El contenido de carboxilatos (C-A) llega a ser en ocasiones y, sobre todo en cerezos, inferior en más de un 25% al de las muestras testigo. Este parámetro es considerado como un importante índice del estado nutritivo del cultivo (DEWIT y col., 1963; DIJKSHOORN, 1964, 1972).

Al menos, la translocación de los elementos divalentes, Ca y Mg, está fuertemente afectada, ya que se acumulan en mucha menor cantidad en las hojas tratadas que en los testigos. CARPENA y col. (1972b) opinan - que la deficiencia de Fe inducida por suelos calizos afecta muy seriamente a la absorción y movilización del Ca. RHOADS y WALLACE (1960) sugieren que el Ca puede quedar precipitado en la raíz, en forma de oxalato, en plantas con deficiencia de Fe como la indicada. HAMZE y WACQUANT --- (1984) opinan que el aumento de K, observado en cítricos cloróticos, es debido a un bloqueo en la exportación foliar del mismo. Nosotros ya hemos señalado el papel que la transpiración podría realizar, máxime considerando que al realizar los segundos tratamientos las hojas son adultas.

MANSFIELD y HEATH (1963) demostraron que la contaminación atmosférica juega un importante papel en la apertura y cierre estomático. KORITZ y WENT (1953) mostraron que los tratamientos con algunas sustancias de naturaleza orgánica podían cerrar los estomas e incluso destruir permanentemente su capacidad de reapertura. KELLER (1964), comprobó que algunos insecticidas, entre ellos "Dimetoato", disminuían la transpiración y la absorción de CO_2 ; este último hecho también ha sido descrito por SHARMA y col., (1978) como efecto del dimetoato (1553) y de otros muchos plaguicidas sobre manzanos.

Asimismo, de acuerdo con COIC (1971), reseñamos la importancia que una fracción nitrogenada -libre alta, compuesta por aminoácidos libres -DEKOCK y MORRISON (1958a) la han correlacionado con índices elevados de K/Ca y P/Fe en plantas deficientes en Fe -podría desempeñar en el incremento del K foliar observado, máxime cuando STEWARD (1961) sugiere que, en cítricos, los aminoácidos son transportados por el floema, y ya

hemos indicado que allí podrían ir acompañados por K^+ , aunque también - cabe la posibilidad indicada de un aumento debido a falta de exportación del mismo.

En las Tablas LXXXVIII y XCII están recogidos los valores obtenidos para los elementos no metálicos mayoritarios estudiados, correspondientes a los segundos tratamientos de cada año.

Al igual que ocurría en los primeros tratamientos de cada año, a excepción del P en las últimas recogidas correspondientes al segundo - tratamiento del año 1979 en Ciruelos, los elementos P y S aumentan su -- concentración foliar total en muestras tratadas. Sin embargo, este aumento, incluso sin tener en cuenta que de acuerdo con DIJKSHOORN y VAN WIJK (1967) la casi totalidad del S debe estar en forma orgánica, no es suficiente para compensar el aumento de K, por lo que, a pesar de la disminución de cationes divalentes -lo que origina la caída de (C-A)-, no - parece haber relación entre el incremento de K y estos elementos no metálicos.

En los apartados correspondientes se ha discutido la influencia que la composición de los plaguicidas utilizados podría ejercer sobre la concentración foliar de determinados elementos nutritivos. Entre ellos - se incluyen S y P, que son aportados por algunos tratamientos en cantidades suficientes como para pensar que podrían llegar a justificar los incrementos observados. No obstante, creemos importante reseñar que, además del incremento en P detectado en plantas cloróticas e indicado por la bibliografía ya citada, SHPOTA (1967) ha apuntado también la existencia de incrementos de S en plantas que padecen deficiencia inducida de Fe.

Las Tablas LXXXVI, LXXXVIII, XC y XCII ponen de manifiesto que el comportamiento de la sumatoria de los tres elementos no metálicos (N, P y S) está muy condicionada por el comportamiento que ostenta el N, al ser el elemento mayoritario por excelencia. Los dos cultivos parecen tener matices claramente diferenciadores en este sentido, siendo en el pri

mer tratamiento del año 1978. (Tabla LXXXVI) donde se manifiesta más -- claramente. En el resto de los tratamientos, en general, la concentra-- ción foliar de N se ve incrementada después de los mismos, pero los ci-- ruelos invierten esta tendencia inicial de una forma mucho más rápida y nítida que los cerezos, en donde esto no suele suceder.

7.5.7.- Carboxilatos (C-A) y N-orgánico. Relación entre ellos.

DIJKSHOORN (1962) realizó un estudio de la regulación metabóli-- ca que las plantas hacían sobre la alcalinidad producida como consecuen-- cia de la reducción de NO_3^- y $\text{SO}_4^{=}$ y estableció claramente que dicha regu-- lación estaba ejercida por una mayor o menor producción de ácidos orgá-- nicos por parte de la planta, siendo la diferencia C-A, (donde C es la suma de cationes y A el contenido en aniones inorgánicos) la que propor-- cionaba el contenido total de carboxilatos. Los aniones OH^- , que resul-- tan de la reducción de los NO_3^- y $\text{SO}_4^{=}$ absorbidos, fijan CO_2 y forman -- CO_3H^- que es convertido en carboxilatos, los cuales serán los nuevos -- compañeros de los cationes absorbidos junto con los aniones reducidos.

Es por ello que el N-orgánico, expresado en equivalentes de -- NO_3^- , debe expresar una medida directa de los equivalentes de carboxila-- tos producidos por el metabolismo de los nitratos.

Según ya hemos indicado, de acuerdo con DIJKSHOORN y col., -- (1960 y 1967), la asimilación reductora de los $\text{SO}_4^{=}$ raramente llega a -- producir un 6% del total de los carboxilatos formados; por ello, según indican ARGYRIADIS y col. (1976), cuando la asimilación de NO_3^- es la -- fuente dominante de carboxilatos, éstos pueden ser tomados como estequio-- métricamente equivalentes a la cantidad de N-orgánico formado por la plan-- ta dentro de lo que es el intervalo normal de errores cometidos en el -- conjunto del proceso.

Las plantas monocotiledóneas suelen absorber más aniones que cationes -tomando N como NO_3^- - mientras que la absorción de ambos suele estar bastante igualada en el caso de plantas dicotiledóneas (WALLACE, 1981). Ello trae como consecuencia que para las primeras el contenido en N-orgánico (en el conjunto de la planta) será superior al de los carboxilatos, ya que parte de éstos podrían ser enviados junto con el K^+ , vía floema, hacia la raíz, donde descarboxilarían y se intercambiaría el CO_3H^- por NO_3^- que acompañaría al K del carboxilato como NO_3K hacia las partes aéreas de la planta (DIJKSHOORN, 1958; LIPS y BEN-ZIONI, 1971). Sin embargo, también se puede asumir que parte del NO_3^- absorbido lo es junto con iones H^+ (DIJKSHOORN, 1971), o sería intercambiado por OH^- (WALLACE, 1981).

En cualquier caso serían reducidos en la raíz y proporcionarían a la planta N-orgánico exento de la formación concomitante de carboxilatos, transportándose hacia las partes superiores, vía xilema (DIJKSHOORN, 1971) o vía floema (STEWART, 1961).

Ya se ha indicado que las ROSACEAS y, en particular, los árboles frutales (RECALDE, 1976) reducen los nitratos en la raíz. Sin embargo, la generalización hecha por WALLACE (1981), sobre una absorción bastante equilibrada de cationes y de aniones en dicotiledóneas, no parece concordar con lo indicado por COIC (1971) y RECALDE (1976) quienes aseguran que cuando la reducción de los nitratos se realiza en las raíces, el equilibrio electrostático está asegurado por una mayor absorción de aniones que de cationes, lo que provoca una alcalinización fisiológica del medio de cultivo.

La comprobación de estos aspectos es prácticamente imposible --llevarla a cabo con árboles desarrollados y de todo punto imposible cuando la experiencia se lleva a cabo en pleno campo. Ello constituye, por tanto, un inconveniente adicional de interpretación.

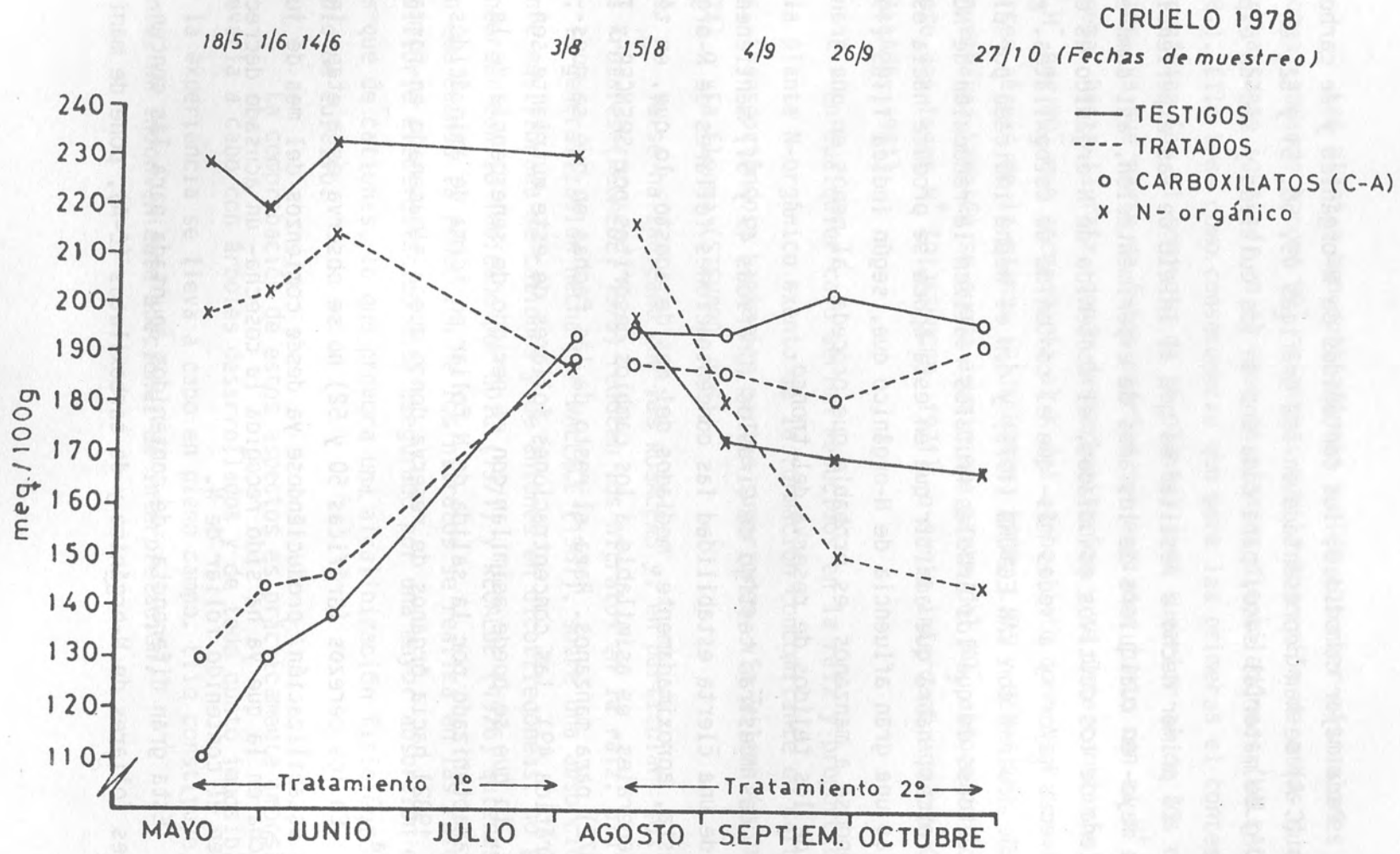
Para mayor comodidad, los contenidos de N-orgánico y de carboxilatos (C-A) se han representado en las Gráficas 49, 50, 51 y 52, en meq/100 g de material seco, para cada uno de los cultivos y año de experiencia.

El primer hecho a resaltar es que al inicio de las experiencias, -mes de mayo- en cualquiera de los años de experimentación, así como en cualquiera de los cultivos estudiados, el contenido de N-orgánico es casi dos veces mayor -y a veces más- que el contenido de carboxilatos. -- (C-A). De acuerdo con VAN EGMOND (1975) y con el hecho indicado por diversos autores de que los árboles frutales realizan la reducción de NO_3^- en las raíces, habrá que admitir que en esta época se produce hacia estas hojas una gran afluencia de N-orgánico que, según indica TITUS (1982) refiriéndose a manzanos, es probable que proceda, al menos en una gran parte, de los tejidos de reserva del tronco.

Las muestras testigo de Ciruelos (Gráficas 49 y 51) mantienen dentro de una cierta estabilidad las concentraciones foliares de N-orgánico hasta, aproximadamente, mediados del mes de agosto, lo que, en términos generales, es asimilable a los cambios descritos por SPENCER y TITUS (1972) para manzanos. Para el resto de las fechas en que se muestreó (Gráfica 49), las concentraciones foliares de este nutriente son menores, lo que se puede asimilar con el periodo de senescencia de la hoja, caracterizado por la salida de N foliar en forma de aminoácidos - (TITUS, 1982) hacia órganos de reserva donde queda almacenado en forma protéica.

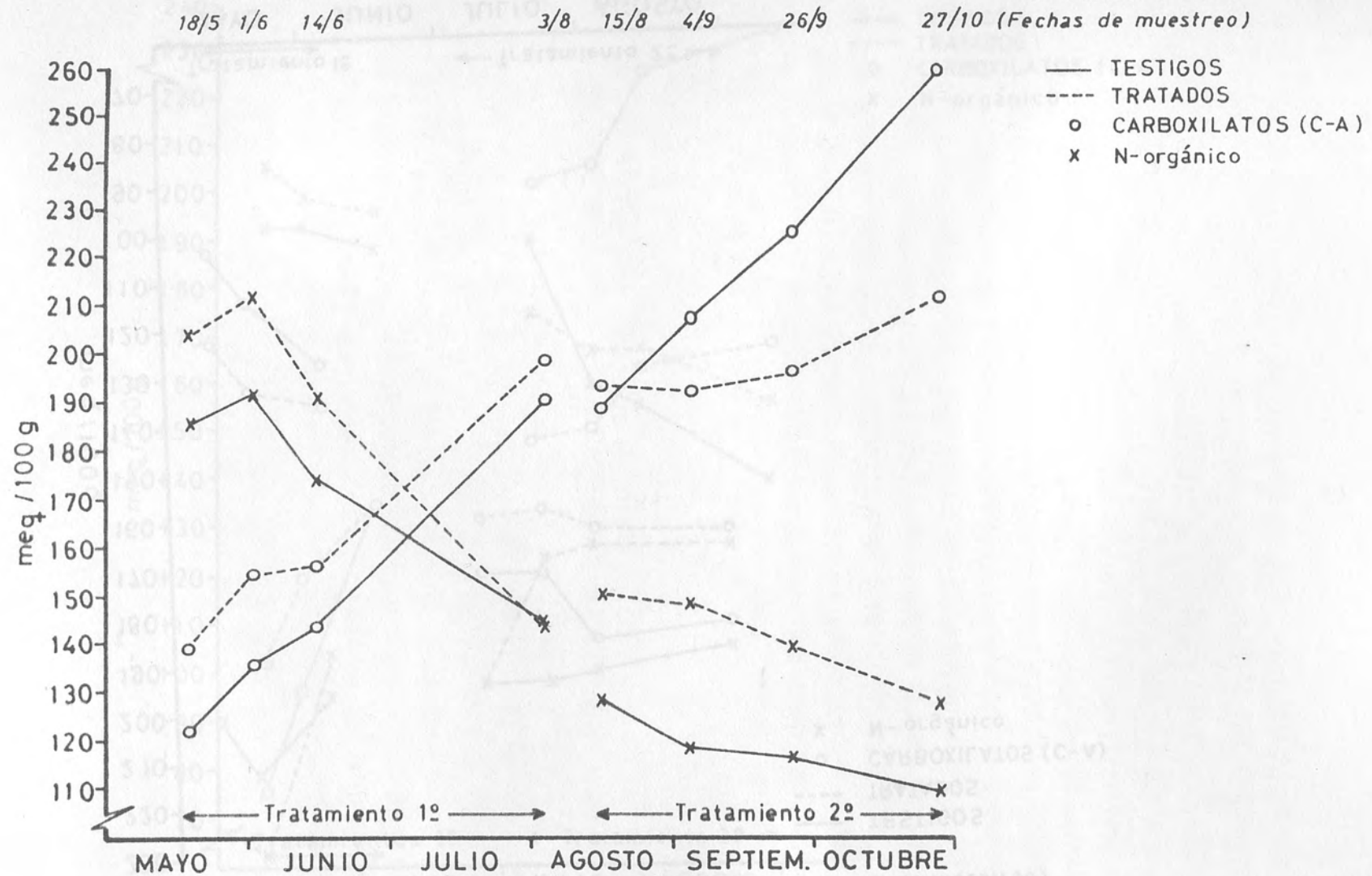
En los cerezos (Gráficas 50 y 52) no se observa esta etapa inicial de estabilización, produciéndose ya desde comienzos del mes de junio -fecha en la que ya ha sido recogida la cosecha- un acusado decrecimiento en el contenido foliar de N.

Esta gran diferencia de contenidos apuntada para las concentraciones foliares de N-orgánico y de carboxilatos (C-A), pone de mani-

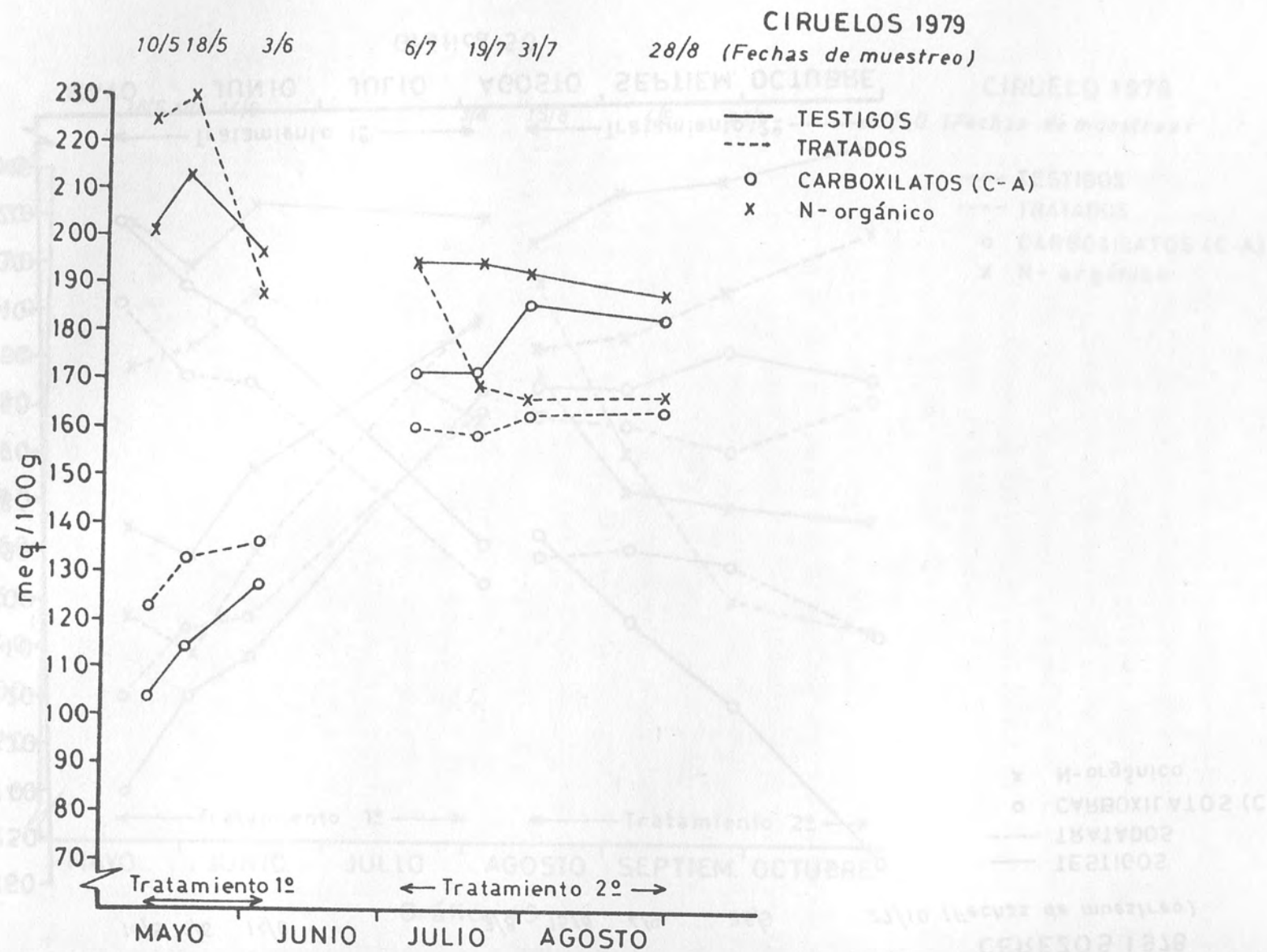


Gráfica 49

CEREZOS 1978

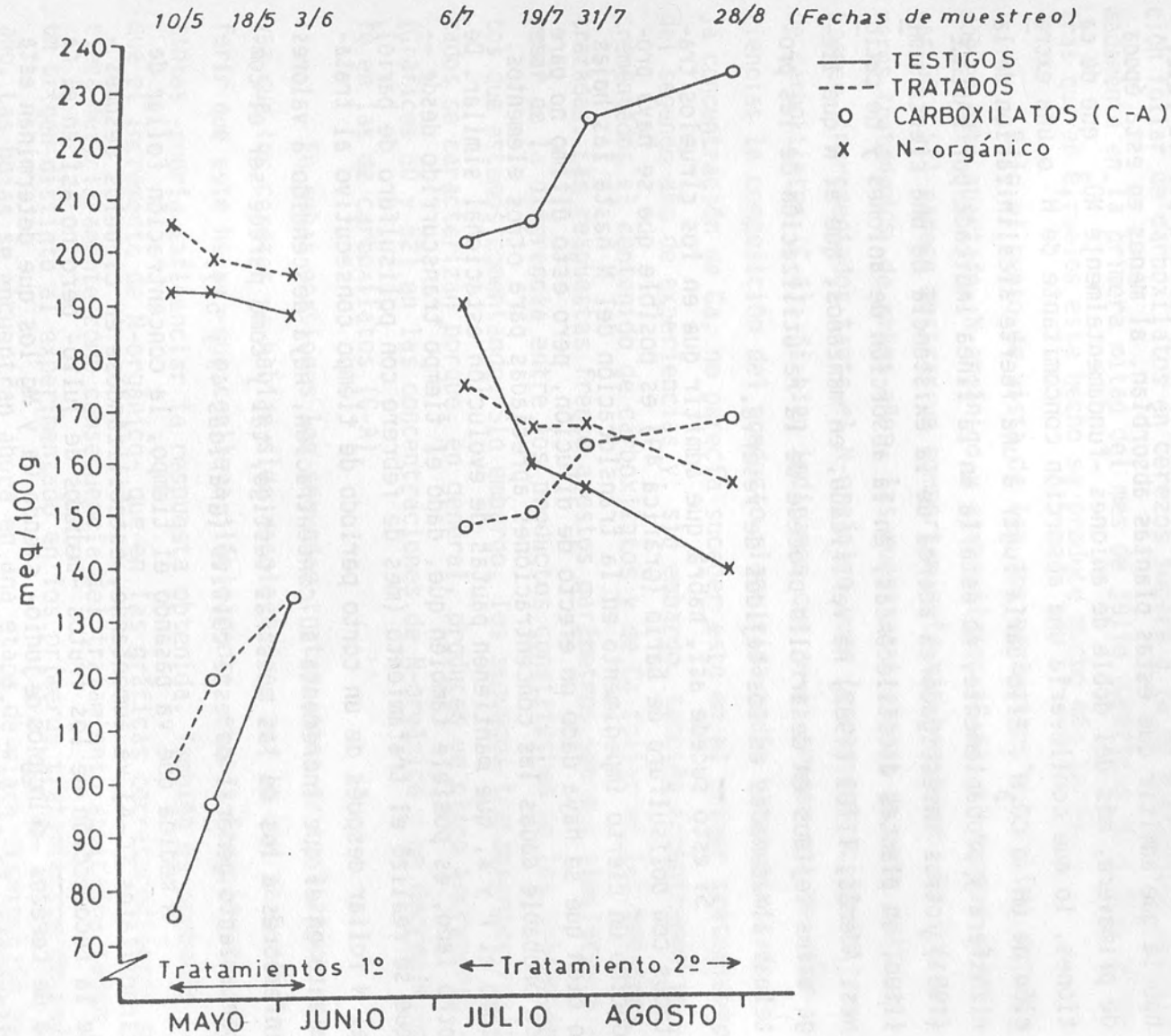


Gráfica 50



Gráfica 51

CEREZO 1979



Gráfica 52

fiesto que, indudablemente, este N llega en forma orgánica y es redistribuido hasta allí desde otras partes de la planta, desde órganos de reserva. Si este N procediese directamente del absorbido por la raíz, -habría que admitir que estas plantas absorbían, al menos en esta época de primavera, más del doble de aniones -fundamentalmente NO_3^- que de cationes, lo que conllevaría una absorción concomitante de H^+ o una excreción de OH^- o CO_3H^- . Ello daría lugar a una fuerte alcalinización de la rizosfera y, probablemente, no estaría en la línea indicada por WALLACE (1981) y otros investigadores acerca de la existencia de una cierta similitud, en plantas dicotiledóneas, en la absorción de aniones y de cationes. Además, TITUS (1982) ha verificado, en manzanos, que el N que llega a los tejidos en desarrollo procede de la re-utilización de las proteínas almacenadas en los tejidos de reserva.

Si esto sucede así, habrá que admitir que en los ciruelos tratados con polisulfuro de bario (Gráfica 49) es posible que se haya producido un cierto impedimento en la translocación del N hasta las hojas o bien que se haya dado un efecto de dilución, pero esto último no parece probable dadas las concentraciones apreciadas para otros elementos, como el P y K, que mantienen pautas de evolución estacional similar. De otro lado, es posible también que, dado el tiempo transcurrido desde -- que se realizó el tratamiento (mes de febrero con polisulfuro de bario), el N foliar después de un corto periodo de tiempo consecutivo al tratamiento en el que incrementa su concentración, haya descendido a valores inferiores a los de las muestras testigo, tal y como parece ser el comportamiento general de este cultivo (Gráficas 49 y 51).

A medida que va pasando el tiempo, la concentración foliar de carboxilatos (C-A) va aumentando, estabilizándose en ciruelos después de la recolección de los frutos -mediados de julio- pero no así en el caso de cerezos -principios de junio- siendo Ca y Mg los que determinan esta diferencia. La caída en los contenidos foliares de N se produce mucho -

antes en los cerezos, según ya hemos indicado, y en ello es probable que influya el que en estos árboles se produzca la maduración del fruto con bastante antelación. Este distinto comportamiento hace que, la concentración foliar de carboxilatos en cerezos supere a la de N-orgánico aproximadamente en la primera mitad del mes de julio (Gráficas 50 y 52), mientras que en ciruelos este hecho se produce mucho más tarde.

Bajo el punto de vista de los dos parámetros nutritivos estudiados en este apartado, N-orgánico y carboxilatos (C-A), el cerezo (Gráficas 50 y 52) parece mostrar un comportamiento más homogéneo. En los primeros tratamientos de ambos años, las muestras tratadas de este cultivo poseen incrementados tanto el N-orgánico como la concentración foliar de carboxilatos (C-A). Si bien indicamos que en el primer año de experiencias la composición del producto plaguicida podía haber afectado a la concentración de Ca, no parecía suceder esto en el primer tratamiento del segundo año de experiencias y, sin embargo, también encontramos incrementados el contenido de carboxilatos y de Ca foliar en las muestras tratadas. Las respuestas frente a estos parámetros son muy similares a pesar de la diferencia entre los productos constitutivos de los tratamientos que estamos comentando. Sin embargo, los segundos tratamientos realizados se caracterizan porque, en general, producen un claro incremento (Gráficas 50 y 52) en las concentraciones de N-orgánico y un decrecimiento en las de carboxilatos (C-A).

En ambas ocasiones los segundos tratamientos se realizaron una vez que los cerezos ya habían sido recolectados, por lo que se puede inferir que este hecho -que conlleva, lógicamente, etapas fisiológicas distintas -podría influenciar la respuesta obtenida. También es probable -- que el incremento de N-orgánico- que en las gráficas correspondientes se eleva muy claramente como consecuencia del tratamiento aplicado- tenga - un origen distinto al experimentado en los primeros tratamientos de cada año. Las hojas se encuentran ahora en una etapa de clara disminución de

los niveles de N-orgánico foliar, debido, probablemente, a que prevalecen procesos de proteolisis sobre los de proteosíntesis y, por ello, hay salida de N desde las hojas. Este aumento experimentado por las muestras tratadas podría estar originado por una disminución en el grado de proteolisis o por un cierto impedimento en la salida de los productos proteolizados. Un análisis sobre las distintas fracciones nitrogenadas hubiese podido arrojar luz sobre este particular. De cualquier manera, CHABOUSSOU (1980) indica que los efectos que pueden producir los productos plaguicidas sobre la fisiología y bioquímica de la planta dependen en gran manera de la época de aplicación y del estado nutritivo del vegetal, por lo que es perfectamente posible obtener respuestas diferentes, así como esperar una acción nociva más intensa cuando las condiciones de proteosíntesis no sean idóneas. En las Tablas LXXXII, LXXXIII, LXXXIV y LXXXV, se puede apreciar que los indicadores estudiados sufren en los segundos tratamientos mayores desviaciones, hacia valores de perturbación, que en los primeros. Recordamos, una vez más, que ha sido descrito por diversos investigadores, un aumento en las fracciones solubles de N para plantas con deficiencia inducida de Fe, indicando ILJIN (1951a) que era debido a un incremento en la proteolisis.

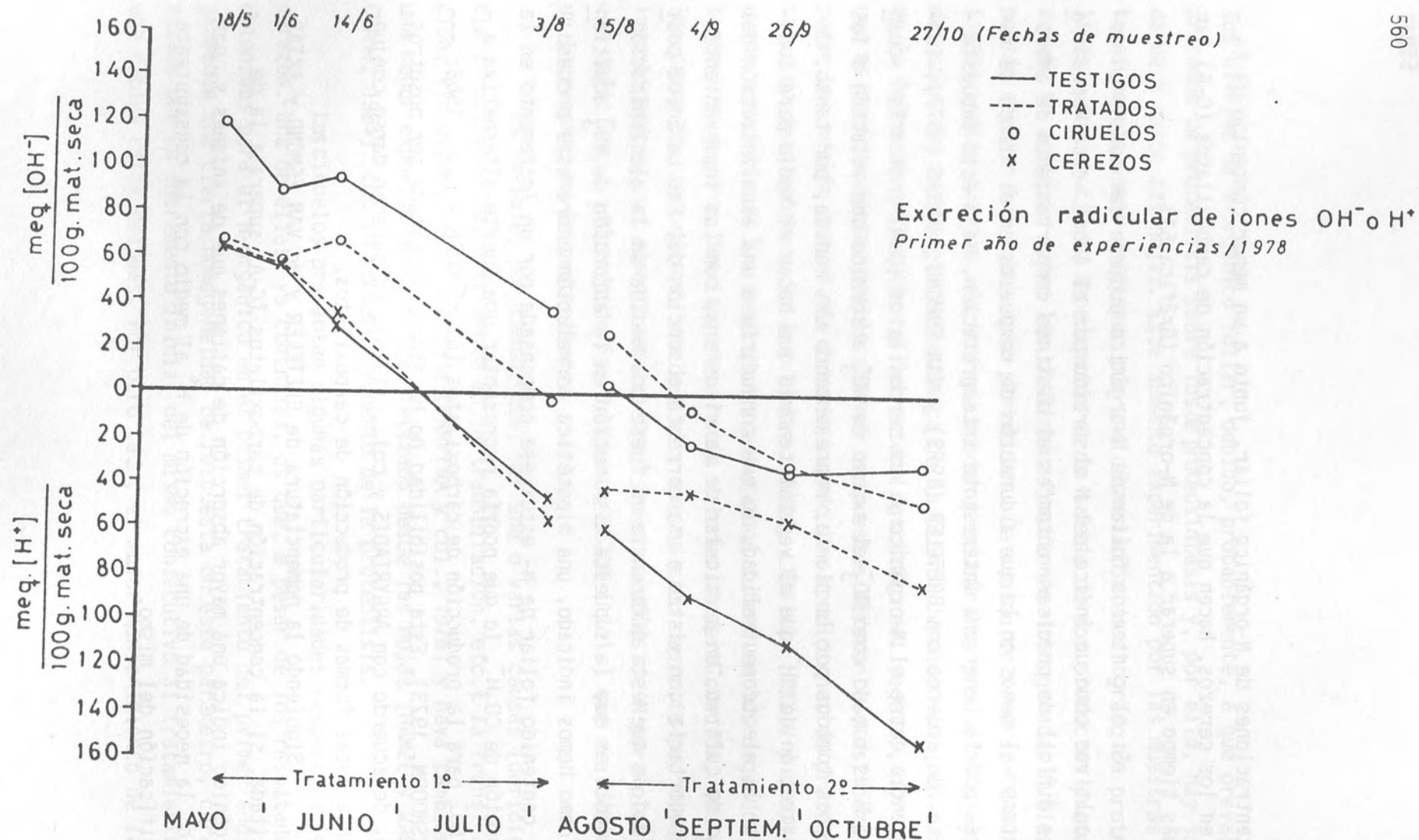
Es posible, por tanto, que, por una o varias causas (deficiencia inducida de Fe, detrimento en la transpiración, etc.) la translocación, vía xilema, esté afectada (CARPENA y col., 1976) y haya también una menor exportación de fotosintetizado desde las hojas (HAMZE y WACQUANT, 1984), con un probable aumento de la proteolisis.

Los ciruelos presentan algunas particularidades respecto a los cerezos. Una de ellas, ya comentada, es que, a pesar de los resultados obtenidos para el N-orgánico en el primer tratamiento del primer año, es probable una cierta homogeneidad de respuesta en este parámetro, caracterizada por un incremento inicial del mismo consecutivo al tratamiento y una rápida caída después. Por otro lado, el mayor mantenimiento de las

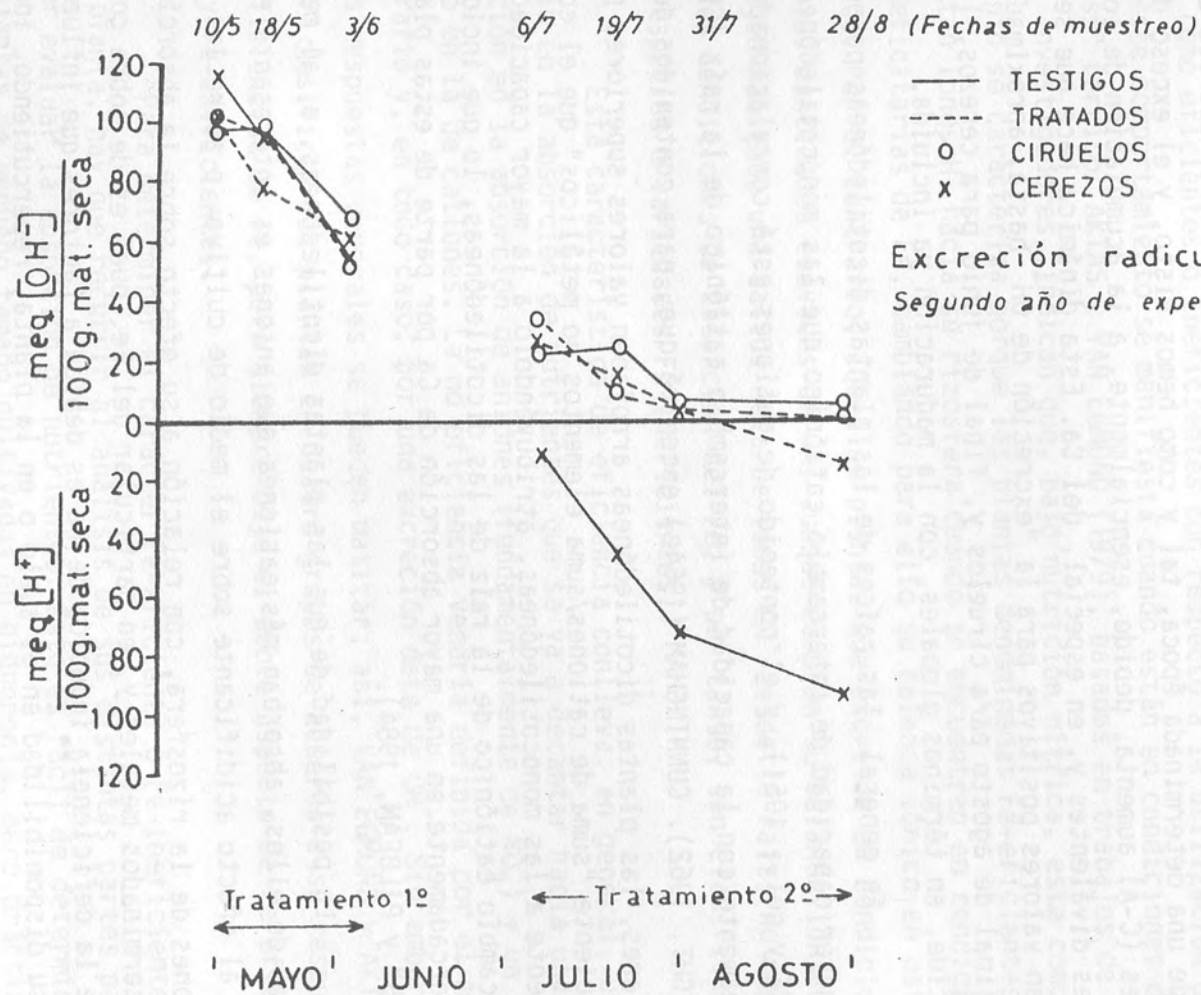
concentraciones de N-orgánico foliar, junto a un menor contenido de Ca - que en los cerezos, hacen que la concentración de carboxilatos (C-A) tarde más tiempo en superar a la de N-orgánico (Gráfica 51).

Si el contenido foliar de N-orgánico pudiese ser tomado en estos cultivos como un índice del N absorbido por el árbol -cosa verdaderamente difícil de precisar- entonces el distinto comportamiento de ambos cultivos -al menos en lo que a duración de respuesta en el tiempo se refiere- podría tener una interesante interpretación. Bajo esta supuesta - óptica, de acuerdo con BRETELER (1973) y VAN EGMOND y AKTAS (1977), la diferencia entre el N-orgánico y los carboxilatos (C-A) indicaría -cuando el N es tomado como NO_3^- -el exceso de NO_3^- absorbido con relación a los cationes tomados por la planta, representando una medida, por tanto, de la excreción de OH^- que el vegetal tendría que hacer al medio para conservar la electroneutralidad, lo que conduciría a una alcalinización del medio de cultivo, en particular de la rizosfera, con los inconvenientes que reportaría con vistas a una correcta absorción del Fe. La única posibilidad de que esta diferencia no fuese una medida de la alcalinización del medio es que la supuesta disminución en la absorción de NO_3^- admitiendo, como hemos indicado, una hipotética correlación entre este proceso - y el contenido foliar de N- estuviese compensada por un incremento en la absorción de CO_3H^- , lo que podría representar una fuente alternativa a los NO_3^- para la producción de carboxilatos (DIJKSHOORN y col., 1968; --- DIJKSHOORN, 1973). Esta posibilidad no ha sido investigada por nosotros, pero, de acuerdo con ARGYRIADIS y col., (1976), no parecen darse conjuntamente ambas formas de producción de carboxilatos.

Siguiendo la nomenclatura de BRETELER y de VAN EGMOND y AKTAS, ya citada, si la concentración de carboxilatos (C-A) supera a la de N-orgánico indica una mayor absorción de cationes que de aniones y, por tanto, la necesidad de una excreción de H^+ al medio con la consiguiente acidificación del mismo.



Gráfica 53



Gráfica 54

En las Gráficas 53 y 54 se han representado estos parámetros para cada uno de los dos años de experiencias, respectivamente. Aunque el tiempo de seguimiento de las experiencias fué menor para el segundo año, sin embargo, las evoluciones en lo que al hipotético cambio de excreción $(OH^-)/(H^+)$ se refiere es muy similar.

Esta evolución es la esperada, pues el N foliar decrece a partir de una determinada época, tal y como hemos visto, y el exceso de cationes (C-A) aumenta, debido, esencialmente, a la acumulación de los cationes divalentes y, en especial, del Ca. Esta dinámica hace que se obtengan valores positivos para la "excreción de OH^- " hasta, aproximadamente, final de agosto para ciruelos y, final de junio para cerezos, lo que coincide, en términos globales, con la maduración ya incluida.

En general, las raíces de las plantas dicotiledóneas poseen una mayor capacidad de intercambio catiónico que las monocotiledóneas (DRAKE y col., 1951), y el contenido de cationes está correlacionado positivamente con la capacidad de intercambio catiónico de la raíz (CROOKE y KNIGHT, 1962). CUNNINGHAM (1964c) encontró que, para contenidos de N similares, las plantas dicotiledóneas arrojaban valores superiores para el cociente "suma de cationes/suma elementos no metálicos" que el correspondiente a las monocotiledóneas, atribuyéndolo a la mayor capacidad de intercambio catiónico de la raíz de las dicotiledóneas, lo que incide muy marcadamente en una mayor absorción de Ca por parte de estas plantas (KIRKBY y PILBEAM, 1984).

La posibilidad de que las plantas dicotiledóneas, o, al menos algunas de ellos, absorban más cationes que aniones es interesante respecto al efecto acidificante sobre el medio de cultivo, o sobre las intermediaciones de la rizosfera, con relación a su efecto sobre la absorción de determinados metales y, en particular del Fe, pues es de sobra conocido que la deficiencia inducida de Fe es debida a factores que influyen en su disponibilidad en el suelo o en la planta, repercutiendo, inclu-

so en las condiciones del medio de cultivo (aumento de CO_3H^- , de P y de pH) el incremento de la translocación del Fe desde hojas tratadas por este elemento hacia otras partes de la planta. (DONEY y col., 1960). -- BROWN y CHANEY (1971) han descrito la exudación de iones H^+ hacia la rizosfera como uno de los factores que contribuyen a la eficiencia de la utilización del Fe por parte de la planta. Las plantas pueden clasificarse como eficientes o ineficientes con respecto a la utilización del Fe y este comportamiento se manifiesta cuando están en condiciones de "stress" férrico. AKTAS y VAN EGMOND (1979), basados en trabajos de -- otros investigadores, indican que, bajo nutrición nítrica, este comportamiento se caracteriza porque las plantas denominadas Fe-eficientes, -- excretan iones H^+ hacia su rizosfera cuando se encuentran en condiciones deficitarias de Fe, cambiando para ello su balance iónico en este -- sentido. Por el contrario, aquellas plantas que excretan en condiciones normales cantidades elevadas de OH^- , aunque cambien su balance iónico, -- si sigue habiendo una salida neta de iones OH^- desde la raíz, no mejorarán las condiciones de absorción del Fe, y por tanto, son clasificadas como especies o variedades Fe-ineficientes.

Esta característica de eficiencia conlleva, en general, un -- cambio en la absorción de nutrientes que se va a decantar hacia una disminución en la absorción de aniones (fundamentalmente de NO_3^-) y un aumento en la de cationes. La no eficiencia vendría definida por el modo contrario y, en todo caso, por una excreción neta de OH^- . Sin embargo, -- estas respuestas generales se pueden matizar; así, VAN EGMOND y AKTAS -- (1977) clasifican las plantas en cuatro grupos de acuerdo a su respuesta a deficiencias de Fe, pero siempre bajo el doble aspecto de Fe-eficientes y Fe-inificientes.

Para determinar el carácter Fe-eficiente o Fe-ineficiente de una planta, hay que recurrir al análisis de sus distintas partes para -- poder evaluar la absorción de nutrientes. Esto es fácil de determinar -- en plantas de pequeño tamaño cultivadas en hidroponía, pero prácticamenen

te imposible en árboles adultos cultivados en el campo. Además, en nuestro caso, nos encontramos con el hecho de que los tejidos de reserva y almacenamiento suministran grandes cantidades de nutrientes en la etapa de crecimiento vegetativo anual; por ello, volvemos a insistir en lo ya expuesto de que sí "hipotéticamente" la concentración foliar representase en alguna medida el contenido total de nutrientes, sería interesante la aplicación de las ideas anteriores con respecto a la respuesta dada por ambos cultivos, ciruelos y cerezos, a los tratamientos plaguicidas y, en particular, en lo concerniente a las diferencias obtenidas en relación al contenido en N.

Con esta perspectiva de sondeo y utilizando la nomenclatura indicada, a la vista de las Gráficas 53 y 59, podemos deducir:

a) El tratamiento inicial de polisulfuro de bario (Gráfica 53) provocaría en ciruelos tratados con respecto a sus testigos, una reacción positiva ya que "disminuiría" la (OH^-) excretados al medio, pasando a excretar H^+ en la última fecha de muestreo para ese periodo (3/8). En cambio, el efecto causado sobre los cerezos sería muy pequeño y, por ello, prácticamente despreciable.

b) El primer tratamiento del año 1979 (Gráfica 54) modifica poco la excreción de OH^- en ambos cultivos, obteniéndose una mejoría, es decir, una disminución de la misma para las dos primeras recogidas de cerezos, debido, fundamentalmente, al aumento en Ca que experimentan las muestras tratadas, mientras que los ciruelos la rebajan con bastante nitidez en la tercera recogida. (3/6).

c) Después del segundo tratamiento realizado en cada uno de los dos años de experiencias, se observa (Gráficas 53 y 54) aumento inicial en la (OH^-) de ciruelos, pero las muestras tratadas siguen la misma evolución que los testigos y, pronto, pasan a excretar (H^+) y en valores superiores a testigos para el primer año de experiencias (Gráfica 53) o a excretar cantidades inferiores de OH^- en el segundo año de experiencias (Gráfica 54).

En este sentido que indicamos, los segundos tratamientos parecen afectar de una forma bastante más notoria a los cerezos. En el primer año de experiencias, los valores positivos encontrados para H^+ no se ven alterados cualitativamente, pero sí están disminuidos en forma importante, y esta disminución relativa, se acrecienta con el tiempo. En el segundo año de experiencias (Gráfica 54) la variación es no sólo cuantitativa sino también cualitativa, siendo las diferencias mayores a las obtenidas en el periodo anterior correspondiente.

Esta clara influencia ejercida por los segundos tratamientos de cada año sobre los parámetros medidos, particularmente en cerezos, coincide con las mayores desviaciones de los indicadores de Fe (Tablas LXXXIII y LXXXV) obtenidas en este cultivo y, muy especialmente, en el segundo tratamiento del segundo año de experiencias, donde la variación cualitativa, apuntada más arriba y reflejada en la Gráfica 54, coincide con la sintomatología visual ya comentada que causó este tratamiento.

Esta hipótesis de trabajo que barajamos nos podría permitir suponer, por tanto, que, aunque las tendencias de estos parámetros no se ven afectados de una forma absoluta, sí parece haber indicios de que -- los ciruelos tienden a comportarse, en mayor grado que los cerezos, -- sobre todo una vez transcurrido un determinado periodo de tiempo-- más en la línea de las plantas catalogadas como Fe-eficientes, pareciendo jugar en ello un importante papel el diferente comportamiento, ya mencionado, que presentan ambos cultivos, respecto a la concentración de N-foliar.

LANDSBERG (1981) observó que, en condiciones de deficiencia de Fe, las plantas monocotiledóneas no excretan H^+ al medio de cultivo, mientras que sí lo hacen las dicotiledóneas. WALLACE (1981) explica que, cuando el N es suministrado como NO_3^- , las monocotiledóneas absorben mayor cantidad de aniones que de cationes, mientras que en las dicotiledóneas este proceso está más igualado.

En condiciones de deficiencia de Fe, la absorción de cationes puede exceder a la de aniones, lo que se traduciría en una excreción de H^+ en las plantas dicotiledóneas. Además, WALLACE y col., (1971) demostraron que la absorción de NO_3^- disminuía en plantas Fe-eficientes cultivadas en condiciones de deficiencia de Fe, y AKTAS y VAN EGMOND (1979) demostraron, por su parte, que plantas Fe-ineficientes desarrollaban --clorosis al ser cultivadas en medios enriquecidos en $N-NO_3^-$.

La disminución de N, mostrada al cabo de un cierto tiempo por los ciruelos tratados, está, por tanto, en la línea de las plantas Fe-eficientes, aunque no parecen concordar con este comportamiento las --disminuciones experimentadas en la concentración de los cationes foliares. Ello nos hace remitirnos de nuevo a las comunicaciones de CARPENA y col. (1976) referentes al papel inhibitor que una deficiencia de Fe juega sobre el transporte del Ca y a la comunicación de HAMZE y WACQUANT (1984) sobre disminución de "Fe activo" y de Ca, así como de aumento de K, en hojas de cítricos con síntomas de clorosis, pero absorbiendo, paradójicamente, más Ca y menos K que las variedades resistentes a la clorosis.

De todas formas, la detección de una variación real en la absorción de un nutriente requiere, como ya hemos dicho, un análisis más completo de la planta.

Por otra parte, WALLACE y WALLACE (1984) indican la posibilidad de que la excreción de H^+ desde las raíces al medio de cultivo puede o no estar asociado a la absorción de un exceso de cationes. En este último caso, el OH^- que queda en la raíz, al expelerse un H^+ , puede ser --oxidado y liberar e^- para reacciones redox que podrían estar acopladas en la reducción enzimática del Fe^{3+} . Estos autores indican que si estas reacciones están relacionadas con la catalasa o la peroxidasa, la presencia de estas enzimas en la planta podría ser más racional.

8.- ESTUDIO DE LAS FRACCIONES DE ALGUNOS BIOELEMENTOS

En el examen bibliográfico que sobre el análisis foliar realizamos en la Introducción de la presente Memoria, quedó puesto de manifiesto que los datos absolutos acerca de la composición de una planta o de un órgano vegetal respecto de un determinado nutriente, no deben ser tomados taxativamente como un indicador absoluto de un estado nutritivo adecuado, ya que están sometidos a una variabilidad intrínseca, propia de la planta estudiada, y a otra de naturaleza extrínseca, caracterizada por las peculiaridades del medio de cultivo y por las condiciones ambientales. Además, como es sabido, el contenido foliar de cualquier nutriente es un proceso activo cuya intensidad varía a lo largo del ciclo vegetativo de la planta, y ello hace que sea de capital importancia --- asignar valores analíticos concretos a estadios fenológicos también concretos.

Estas consideraciones nos llevarom por una parte, a estudiar la influencia que los tratamientos plaguicidas ejercían no sobre un "nivel crítico" de un determinado nutriente, sino sobre una "zona óptima" o "zona de normalidad" delimitada por los valores de deficiencia y exceso para dicho nutriente. Este criterio, debido a la inexistencia de una bibliografía adecuada al respecto, sólo puede aplicarse en un estado --

concreto del ciclo vegetativo anual y no al ciclo completo como hubiese sido deseable.

Las consideraciones anteriores, junto con la existencia de interacciones inter-elementos capaces de modificar las concentraciones foliares de los mismos, son razones de suficiente entidad para que el estado nutritivo de una planta no deba definirse atendiendo sólo a cada elemento nutritivo en particular, sino a combinaciones de ellos. Con este espíritu, calculamos los equilibrios fisiológicos ternarios para discernir de forma más adecuada, a nuestro juicio, el estado nutritivo de las plantas objeto de nuestras experiencias.

Sin embargo, es un hecho contrastado que la concentración total de un nutriente en un tejido vegetal no proporciona por si misma una información real acerca de la actividad metabólica que áquel esté desempeñando, constituyendo un claro exponente de ello el hallazgo, en plantas cloróticas, de concentraciones foliares de Fe iguales e incluso superiores, a los presentados por plantas sanas.

En la actualidad es cada vez mayor el número de investigadores que han adoptado el criterio de que la cantidad total de un elemento no es absolutamente significativa respecto del estado nutricional, imponiéndose, por tanto, el estudio de sus fracciones con el fin de discernir -- donde reside la actividad o funcionabilidad del mismo. Paralelamente, se está desarrollando la utilización de la medida de actividades enzimáticas como medio de diagnóstico indirecto para algunos bioelementos.

Siguiendo esta nueva orientación hemos abordado, -a tenor de la interpretación dada a las variaciones introducidas por los tratamientos plaguicidas y como un primer paso de profundización- los estudios de las fracciones de los elementos Ca y Fe.

8.1.- Fracciones de Calcio

Son realmente escasos los trabajos que se han propuesto abordar el estudio del fraccionamiento del Ca contenido en los vegetales que hayan dado una respuesta acerca de la naturaleza o tipo de combinación -- química en la que se encuentra dicho bioelemento.

Para llevar a cabo nuestro propósito de profundizar -aunque sólo sea parcialmente- en el estudio de las alteraciones nutritivas observadas en los árboles tratados con productos plaguicidas, hemos adoptado la metodología descrita por CARPENA y col. (1972b) para el estudio de fracciones de Ca en limoneros, la cual está basada en los estudios realizados por ABUTALYBOV (1955, 1956) y NADIR (1968). Consiste en la extracción de cuatro fracciones químicas diferentes del calcio foliar, merced a la distinta solubilidad de los diversos compuestos de Ca.

A tal fin se realizan cuatro extracciones sucesivas del polvo - vegetal seco con: agua destilada, nitrato sódico 2N, ácido acético al - 10% y ácido clorhídrico 2N. Al Ca extraído por cada uno de estos solventes lo denominamos, de acuerdo con la nomenclatura aplicada por los investigadores antes mencionados, "soluble" "ligado", "insoluble inorgánico" -constituido fundamentalmente por carbonatos y fosfatos- e insolu-- ble orgánico -constituido por oxalatos- respectivamente.

8.1.1.- Fracciones de Ca correspondientes a muestras testigo

Debido a que no conocemos ningún trabajo precedente que se haya ocupado de estudiar el contenido y dinámica foliar, en árboles frutales de ciruelos y cerezos, de las fracciones de Ca que acabamos de descri-- bir, es por lo que, en primer lugar y antes de estudiar los efectos de los plaguicidas comentaremos los contenidos y evoluciones correspondientes a las muestras testigo.

TABLA XCVI

Primer año de experiencias. Ciruelos. Muestras testigo. Porcentaje medio de Ca sobre material vegetal seco

CALCIO

Fecha Muestreo	$\times 10^2$ Soluble	Ligado	Insoluble		Suma Fracciones	Total
			Inorganico	Organico		
18/V	0,28	0,09	0,18	0,99	1,26	1,28
1/VI	0,28	0,09	0,18	1,24	1,51	1,60
14/VI	0,29	0,10	0,18	1,29	1,57	1,71
3/VIII	0,28	0,08	0,18	2,06	2,31	2,40
15/VIII	0,29	0,08	0,18	2,11	2,37	2,41
4/IX	0,34	0,08	0,19	2,08	2,35	2,40
26/IX	0,33	0,09	0,19	2,17	2,44	2,59
27/X	0,33	0,10	0,19	2,21	2,51	2,60

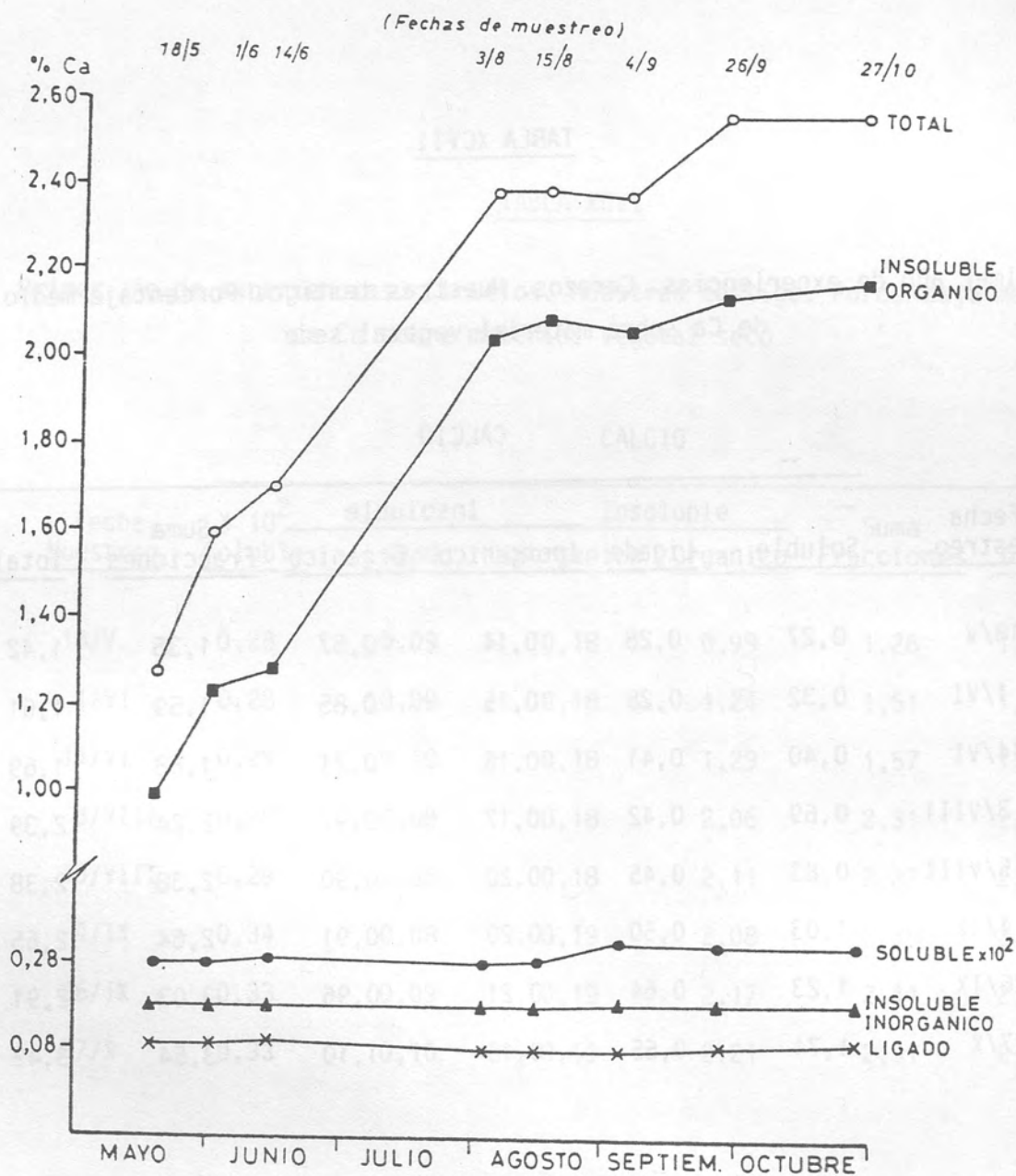
TABLA XCVII

Primer año de experiencias. Cerezos. Muestras testigo. Porcentaje medio de Ca sobre material vegetal seco

CALCIO

Fecha Muestreo	Soluble	Ligado	Insoluble		Suma Fracciones	Total
			Inorganico	Organico		
18/V	0,27	0,28	0,14	0,67	1,35	1,42
1/VI	0,32	0,28	0,15	0,85	1,59	1,61
14/VI	0,40	0,41	0,16	0,71	1,68	1,69
3/VIII	0,69	0,42	0,17	0,97	2,24	2,39
15/VIII	0,83	0,45	0,20	0,90	2,38	2,38
4/IX	1,03	0,50	0,20	0,91	2,64	2,65
26/IX	1,23	0,64	0,21	0,96	3,03	2,91
27/X	1,71	0,55	0,18	1,10	3,54	3,42

CIRUELOS. EVOLUCION DEL CALCIO TOTAL Y DE SUS
FRACCIONES A LO LARGO DEL PRIMER AÑO DE EXPE-
RIENCIAS (MUESTRAS TESTIGO)



Los resultados obtenidos se resumen en la Tabla XCVI, para ciruelos y en la XCVII para cerezos. Hemos elegido los relativos al primer año de experiencias debido a que cubren, prácticamente, un ciclo vegetativo completo.

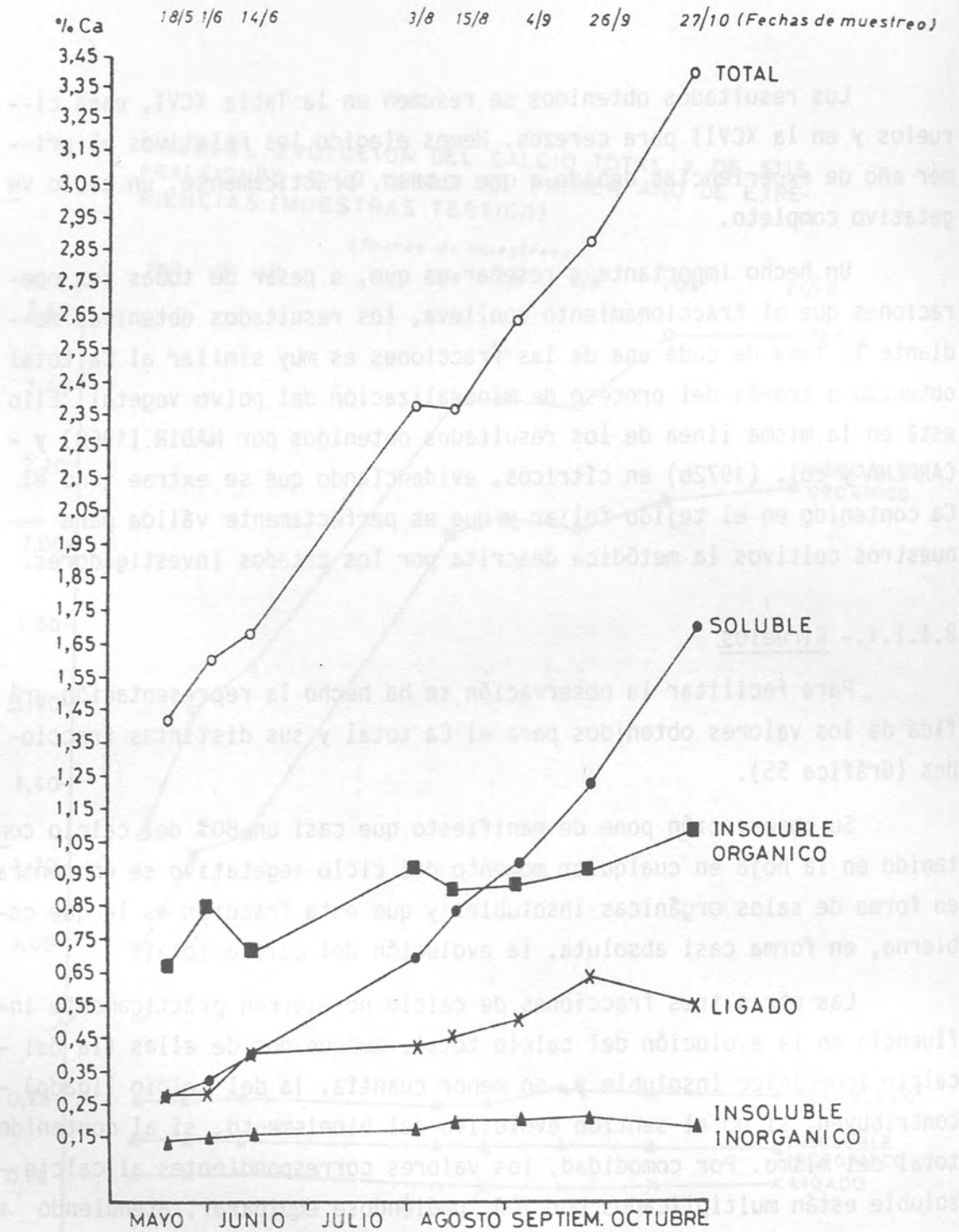
Un hecho importante a reseñar es que, a pesar de todas las operaciones que el fraccionamiento conlleva, los resultados obtenidos mediante la suma de cada una de las fracciones es muy similar al Ca total obtenido a través del proceso de mineralización del polvo vegetal. Ello está en la misma línea de los resultados obtenidos por NADIR (1968) y CARPENA y col. (1972b) en cítricos, evidenciando que se extrae todo el Ca contenido en el tejido foliar y que es perfectamente válida para --- nuestros cultivos la metodología descrita por los citados investigadores.

8.1.1.1.- Ciruelos

Para facilitar la observación se ha hecho la representación gráfica de los valores obtenidos para el Ca total y sus distintas fracciones (Gráfica 55).

Su observación pone de manifiesto que casi un 80% del calcio contenido en la hoja en cualquier momento del ciclo vegetativo se encuentra en forma de sales orgánicas insolubles y que esta fracción es la que gobierna, en forma casi absoluta, la evolución del calcio total.

Las otras tres fracciones de calcio no ejercen prácticamente influencia en la evolución del calcio total, aunque dos de ellas (la del calcio inorgánico insoluble y, en menor cuantía, la del calcio ligado) contribuyen, si no al sentido evolutivo del bioelemento, sí al contenido total del mismo. Por comodidad, los valores correspondientes al calcio soluble están multiplicados por 100, pudiéndose equiparar, atendiendo a su concentración, a un elemento traza, lo que hace que su contribución al balance total sea insignificante.



CEREZOS. CONCENTRACION DE CALCIO TOTAL Y DE SUS FRACCIONES A LO LARGO DEL PRIMER AÑO DE EXPERIENCIAS (MUESTRAS TESTIGO)

Gráfica 56

Ninguna de las tres fracciones (calcio soluble, ligado e inorgánico insoluble) influye, por tanto, en el acúmulo que realiza la hoja a medida que envejece. Este proceso en las hojas de los ciruelos parece estar caracterizado por la formación y almacenamiento de oxalato cálcico.

8.1.1.2.- Cerezos

Al igual que hemos hecho en el caso de los ciruelos, la media de los resultados analíticos correspondientes a cada fecha de muestreo se han representado en la Gráfica 56.

Destaca rápidamente las diferencias en evolución y contenido de las distintas fracciones respecto a lo obtenido en ciruelos especialmente en la fracción soluble.

La concentración de Calcio insoluble inorgánico es muy similar a la obtenida en el caso de ciruelos, permaneciendo prácticamente constante a lo largo de todo el ciclo. Está, por tanto, fuera de toda duda, que esta fracción formada -según los autores tomados como referencia- por carbonatos y fosfatos contribuye en muy poca cuantía al contenido de calcio total, no ejerciendo ninguna influencia en la dinámica foliar de este nutriente.

La fracción de calcio soluble -muy al contrario de lo que ocurre en ciruelos- posee un sentido evolutivo marcadamente paralelo al experimentado por el Calcio total y, aunque hasta mediados de verano no llega a constituirse en la fracción de mayor peso en el contenido total de calcio, parece ser la que más claramente influye, como acabamos de decir, en su evolución.

El calcio insoluble orgánico posee una dinámica global de suave incremento con el tiempo. Esta tendencia posee un carácter mucho menos marcado que la que ostenta el calcio soluble, constituyendo, sin embar-

go, la fracción principal hasta la mitad del verano, incluso después de la recolección del fruto. Es, por tanto, esta fracción la que gobierna el contenido total de calcio -y colabora en el sentido evolutivo del mismo- durante el proceso de formación y maduración del fruto. Después de la recolección atraviesa una cierta fase estacionaria, a partir de la cual su contenido es claramente superado por la fracción soluble.

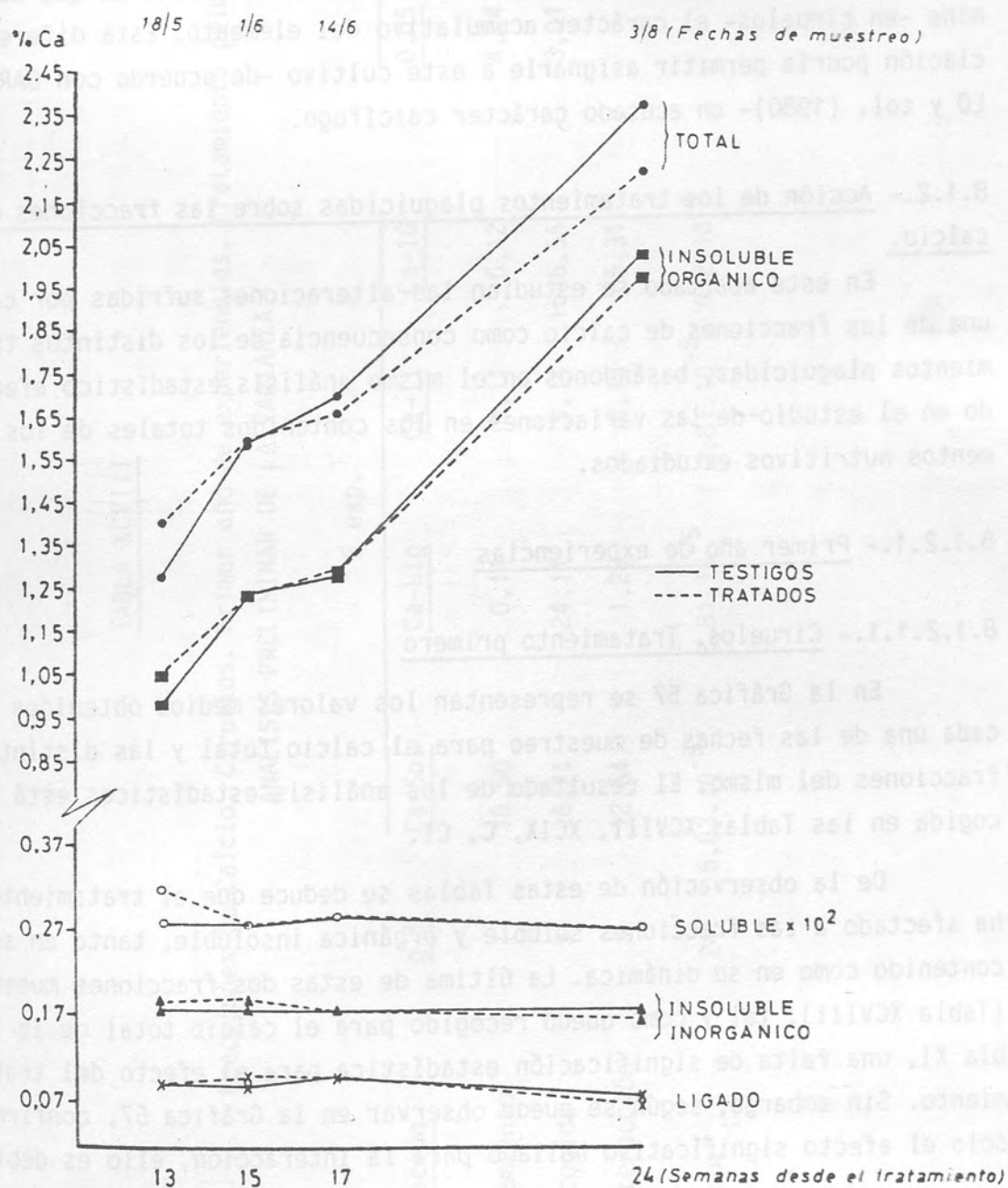
El calcio ligado constituye, junto con el inorgánico insoluble, las fracciones de menor importancia en lo que ha contenido y dinámica foliar respecta. Para aquella fracción se ha detectado (Gráfica 56) un pequeño incremento inicial, que va seguido de un largo periodo de inmovilidad, para terminar con un leve incremento que se produce cuando se acerca la caída de la hoja.

Los contenidos y las evoluciones de las fracciones de calcio ligado e insoluble inorgánico son muy similares a las obtenidas por NADIR (1968) y CARPENA y col. (1972b) en cítricos. PEÑA (1975), en un estudio realizado en cítricos acerca de la determinación y significación de estas cuatro fracciones de calcio, adjudica a las dos fracciones citadas -últimamente el papel de soporte de las funciones específicas estructurales de este nutriente y a las otras dos fracciones -calcio soluble y calcio órgánico insoluble- como indicadores del proceso de acumulación de dicho bioelemento, designando a la primera como una medida de la absorción foliar del elemento y a la segunda de la acumulación del mismo.

Esta atribución de significación puede ser perfectamente asumible por nosotros en el caso de los cerezos, pero no en su totalidad para los ciruelos, ya que en éstos (Gráfica 55) el calcio soluble adquiere el papel de un verdadero elemento-traza, no presentando un carácter acumulativo, no ya en contenido, sino tampoco en la dinámica mostrada. Al asignar a la fracción orgánica insoluble el anión oxalato, la fracción soluble está representada, en su mayor parte, de acuerdo con los autores antes citados y con la bibliografía reseñada a este respecto en el capítu-

CIRUELOS. PRIMER AÑO DE EXPERIENCIAS

TRATAMIENTO 1



Gráfica 57

lo anterior, por el anión malato. Ello evidencia que a pesar de que estas dos especies frutales -ciruelos y cerezos- pertenecen al mismo género, poseen evidentes diferencias metabólicas en la formación de ácidos orgánicos, siendo únicamente la fracción ligada al oxalato la que determina -en ciruelos- el carácter acumulativo del elemento. Esta diferenciación podría permitir asignarle a este cultivo -de acuerdo con BARCELÓ y col. (1980)- un acusado carácter calcífugo.

8.1.2.- Acción de los tratamientos plaguicidas sobre las fracciones de calcio.

En este apartado se estudian las alteraciones sufridas por cada una de las fracciones de calcio como consecuencia de los distintos tratamientos plaguicidas, basándonos en el mismo análisis estadístico efectuado en el estudio de las variaciones en los contenidos totales de los elementos nutritivos estudiados.

8.1.2.1.- Primer año de experiencias

8.1.2.1.1.- Ciruelos. Tratamiento primero

En la Gráfica 57 se representan los valores medios obtenidos en cada una de las fechas de muestreo para el calcio total y las distintas fracciones del mismo. El resultado de los análisis estadísticos está recogida en las Tablas XCVIII, XCIX, C, CI.

De la observación de estas Tablas se deduce que el tratamiento ha afectado a las fracciones soluble y orgánica insoluble, tanto en su contenido como en su dinámica. La última de estas dos fracciones muestra (Tabla XCVIII), tal y como quedó recogido para el calcio total de la Tabla XI, una falta de significación estadística para el efecto del tratamiento. Sin embargo, según se puede observar en la Gráfica 57, confirmando el efecto significativo hallado para la interacción, ello es debido

TABLA XCVIII

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Primer año de experiencias. Tratamiento primero

ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

<u>Fuentes de variación</u>	<u>g l</u>	<u>F exp.</u>				<u>F req</u>		
		<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Lig</u>	<u>Ca-II</u>	<u>Ca-IO</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Efecto del tratamiento	1	10,50	0,11	0,11	0,12	4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida	3	6,71	24,11	5,14	1646,55	3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción	3	12,64	1,29	2,18	6,31			
Varianza del error	24	$5,83 \cdot 10^{-9}$	$2,81 \cdot 10^{-5}$	$2,81 \cdot 10^{-5}$	$9,2 \cdot 10^{-4}$			

TABLA XCIX

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Primer año de experiencias. Tratamiento primero
COMPARACION ENTRE MUESTRAS TESTIGO Y TRATADAS PARA CADA FECHA DE MUESTREO

Fuente de variación	g l	F exp.				F req.		
		Ca-Sol	Ca-Liq	Ca-II	Ca-IO	0,05	0,01	0,001
Primera fecha	1	48,21	1,77	0,44	10,57	4,24	7,77	14,03
Segunda fecha	1	< 0,01	0,44	4,00	0,01			
Tercera fecha	1	0	0	1,77	0,05			
Cuarta fecha	1	0,21	1,77	0,44	8,42			

TABLA C

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Primer año de experiencias. Tratamiento primero.
DINAMICA FOLIAR

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}				F _{req}		
		Ca-Sol	Ca-Lig	Ca-II	Ca-IO	0,05	0,01	0,001
MUESTRAS TESTIGO	3							
Tend. lineal	1	1,73	5,37	2,17	2303,26	4,24	7,77	14,03
Tend. cuadrática	1	2,67	18,00	0,22	288,87			
Tend. cúbica	1	1,05	2,17	3,60	173,77			
MUESTRAS TRATADAS	3							
Tend. lineal	1	32,59	25,59	14,40	1780,04			
Tend. cuadrática	1	8,67	22,22	0,88	288,87			
Tend. cúbica	1	11,33	2,84	0,71	123,78			

TABLA CI

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Primer año de experiencias. Tratamiento primero

DESCOMPOSICION DE LA INTERACCION

<u>Fuentes de variación</u>	<u>g l</u>	<u>F_{exp.}</u>				<u>F_{req.}</u>		
		<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Lig</u>	<u>Ca-II</u>	<u>Ca-IO</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Interacción	3							
Efecto lineal	1	24,68	----	----	16,82	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	10,50	----	----	1,16			
Efecto cúbico	1	2,74	----	----	2,11			

a que los incrementos iniciales y las disminuciones finales que experimentan las muestras tratadas, ejercen un efecto compensatorio entre sí.

Las diferencias surgidas para la fracción soluble entre muestras tratadas y testigos es solamente a nivel de la primera recogida, siendo ésta la responsable de que sea positivo el efecto del tratamiento, y de acuerdo con los datos de la Tabla C y la dinámica mostrada por el elemento an ambos tipos de muestras. Sin embargo, dada las pequeñísimas concentraciones exhibida por esta fracción en relación con las otras tres, esa pequeña variación detectada carece de cualquier tipo de significado -- práctico.

Las otras dos fracciones estudiadas, calcio ligado y calcio inorgánico insoluble, no ven alteradas ni su concentración, ni su dinámica foliar.

Podemos concluir indicando que, con fines prácticos, tanto en --- muestras tratadas como en testigos, el contenido y la evolución foliar del calcio total están absolutamente conducidos por la fracción orgánica insoluble. Por otra parte, tal y como se puede comprobar al observar la Gráfica 57 y las Tablas CI y XIII, la interacción entre muestras testigos y -- tratadas para esta fracción y para el contenido total del calcio, respectivamente, está centrada, en ambos casos, en el efecto lineal de los mismos. Ninguna de las otras tres fracciones contribuye en forma práctica a las alteraciones observadas.

8.1.2.1.2.- Ciruelos. Tratamiento segundo

En esta ocasión, la representación de los resultados analíticos -- se resume en la Gráfica 58 y el estudio estadístico de los mismos en las Tablas CII a CV ambos inclusive.

En la primera de ellas se puede apreciar que únicamente la fracción orgánica insoluble resulta afectada por el tratamiento aplicado; en la Tabla CIII, que las diferencias entre ambos tipos de muestras son sig

que los incrementos iniciales y las disminuciones finales que experimentan las muestras tratadas, reflejan un efecto compensatorio entre sí. Las diferencias surgidas para la fracción soluble entre muestras tratadas y testigos es solamente atribuible a la primera recolección, siendo ésta la responsable de que sea positivo el efecto del tratamiento y de acuerdo con los resultados obtenidos en las fracciones insoluble orgánica y ligada.

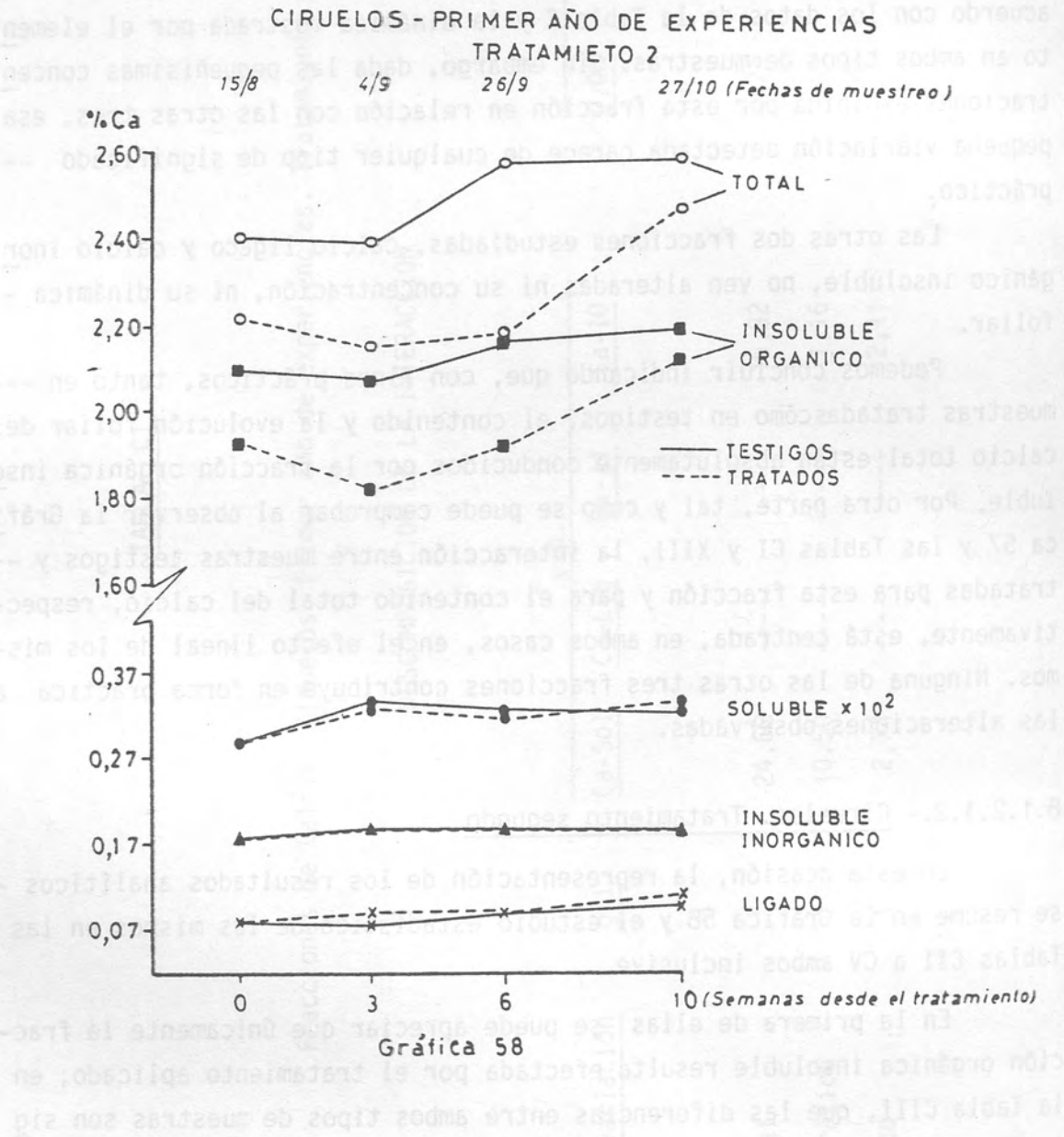


TABLA CII

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo
ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

<u>Fuentes de variación</u>	<u>g l</u>	<u>F exp.</u>				<u>F req.</u>		
		<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Liq</u>	<u>Ca-II</u>	<u>Ca-IO</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Efecto del tratamiento	1	1,33	3,57	0,39	647,77	4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida	3	103,99	45,85	2,93	166,81	3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción	3	2,66	0,14	1,20	31,30			
Varianza del error	24	$3,75 \cdot 10^{-9}$	$2,18 \cdot 10^{-5}$	$3,12 \cdot 10^{-5}$	$4,45 \cdot 10^{-4}$			

TABLA CIII

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo.

COMPARACION ENTRE MUESTRAS TESTIGO Y TRATADAS PARA CADA FECHA DE MUESTREO

<u>Fuente de variación</u>	<u>g l</u>	<u>F_{exp.}</u>				<u>F_{req.}</u>		
		<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Lig</u>	<u>Ca-II</u>	<u>Ca-IO</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Primera fecha	1	0,33	2,28	0,40	149,41	4,24	7,77	14,03
Segunda fecha	1	4,33	0,57	0	303,25			
Tercera fecha	1	0,33	0,57	3,60	263,80			
Cuarta fecha	1	0,33	0,57	0	25,23			

TABLA CIV

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo.

DINAMICA FOLIAR

<u>Fuentes de variación</u>	<u>g l</u>	<u>F exp.</u>				<u>F req</u>		
		<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Lig</u>	<u>Ca-II</u>	<u>Ca-IO</u>	<u>0,005</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
MUESTRAS TESTIGO	3							
Tend. lineal	1	90,13	69,99	1,00	78,19	4,24	7,77	14,03
Tend. cuadrática	1	53,99	2,57	0,20	11,78			
Tend. cúbica	1	38,53	1,42	1,00	14,13			
MUESTRAS TRATADAS	3							
Tend. lineal	1	104,53	58,51	3,84	257,41			
Tend. cuadrática	1	26,66	4,17	4,24	266,10			
Tend. cúbica	1	16,13	0,91	0,36	6,73			

TABLA CV

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo.

DESCOMPOSICION DE LA INTERACCION

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}				F _{req.}		
		Ca-Sol	Ca-Lig	Ca-II	Ca-IO	0,05	0,01	0,001
Interacción	3	4,33	0,57	0	303,25			
Efecto lineal	1	----	----	----	25,92	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	----	----	----	67,31			
Efecto cúbico	1	----	----	----	0,67			

nificativas para cada uno de los muestreos realizados. Los valores obtenidos para $F_{exp.}$ en la tabla anteriormente citada están completamente de acuerdo con lo observado en la Gráfica 58, donde, además, se puede constatar una amplia coincidencia al respecto, con lo detectado en la determinación del Ca total. La dinámica foliar que experimenta esta fracción está recogida en la tabla CIV; allí se puede apreciar que el contenido de este tipo de calcio se incrementa significativamente a lo largo del tiempo y, en ambos casos, su evolución se ajusta a un polinomio de orden cúbico, aunque es solamente a nivel de los efectos lineal y cuadrático donde se manifiestan (Tabla CV) las distintas peculiaridades evolutivas correspondientes a ambos tipos de muestras, tratadas y testigos.

A lo largo de este periodo del ciclo vegetativo sigue siendo la fracción orgánica insoluble la que, tanto en muestras testigo como tratadas, sigue gobernando el contenido total y la evolución del calcio, contribuyendo las otras tres fracciones en muy pequeña cuantía al primero de estos fines y en prácticamente ninguna al segundo (Gráfica 58 y Tabla CIII).

8.1.2.1.3.- Cerezos. Tratamiento primero

En la Gráfica 59 se puede apreciar que las dos fracciones que se ven claramente afectadas en su contenido de calcio son las correspondientes al calcio orgánico insoluble y al calcio soluble. Sin embargo, el análisis preliminar de la varianza (Tabla CVI) indica que el calcio ligado también se ve afectado por el tratamiento para una $P < 0,05$. Esta significación está circunscrita a las diferencias obtenidas en el primer muestreo realizado (Tabla CVII), mostrando un contenido casi idéntico para el resto de las recogidas. En la tabla CVIII se recoge el ajuste polinómico para la dinámica de esta fracción en ambos tipos de muestras, y en la Tabla CIX las pequeñas diferencias globales -originadas por los valores correspondientes a la primera recogida- de linealidad y curvatu-

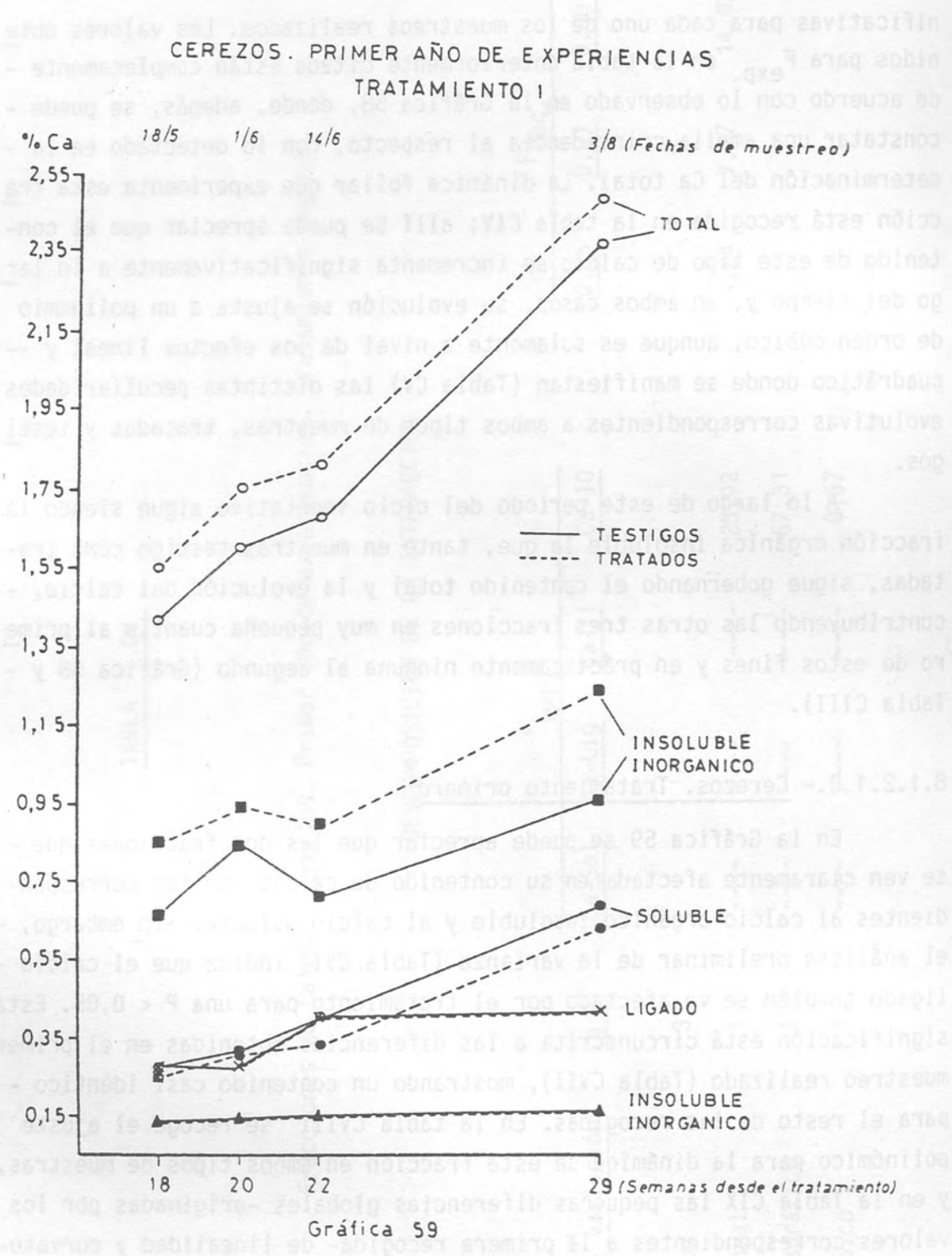


TABLA CVI

Fracções de Calcio. Cerezos. Primer año de experiencias. Tratamiento primero.

ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}				F _{req.}		
		Ca-Sol	Ca-Lig	Ca-II	Ca-IO	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento	1	126,14	3,52	<0,01	1729,51	4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida	3	3051,24	774,88	28,83	1217,38	3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción	3	17,05	3,63	1,50	69,71			
Varianza del error	24	$8,33 \cdot 10^{-5}$	$7,18 \cdot 10^{-5}$	$4,99 \cdot 10^{-5}$	$1,59 \cdot 10^{-4}$			

TABLA CVII

Fracciones de Calcio. Cerezos. Primer año de experiencias. Tratamiento primero.

COMPARACION ENTRE MUESTRAS TESTIGO Y TRATADAS PARA CADA FECHA DE MUESTREO

Fuente de variación	g l	F _{exp.}				F _{req.}		
		Ca-Sol	Ca-Lig	Ca-11	Ca-10	0,05	0,01	0,001
Primera fecha	1	9,59	14,08	0	417,96	4,24	7,77	14,03
Segunda fecha	1	1,34	0	0	113,25			
Tercera fecha	1	93,74	0,17	2,25	441,17			
Cuarta fecha	1	72,59	0,17	2,25	966,35			

TABLA CVIII

Fracciones de Calcio. Cerezos. Primer año de experiencias. Tratamiento primero.

DINAMICA FOLIAR

<u>Fuentes de variación</u>	<u>g 1</u>	<u>F_{exp.}</u>				<u>F_{req.}</u>		
		<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Lig</u>	<u>Ca-II</u>	<u>Ca-IO</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
MUESTRAS TESTIGO	3							
Tend. lineal	1	4245,35	864,85	36,10	768,38	4,24	7,77	14,03
Tend. cuadrática	1	691,19	0,78	6,77	37,68			
Tend. cúbica	1	82,13	206,6	0,40	619,30			
MUESTRAS TRATADAS	3							
Tend. lineal	1	3285,35	1069,63	48,40	1688,59			
Tend. cuadrática	1	662,69	5,56	4,50	408,00			
Tend. cúbica	1	238,13	188,10	1,60	339,32			

TABLA CIX

Fracciones de Calcio. Cerezos. Primer año de experiencias. Tratamiento primero.

DESCOMPOSICION DE LA INTERACCION

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}				F _{req.}		
		Ca-Sol	Ca-Lig	Ca-II	Ca-IO	0,05	0,01	0,001
Interacción	3	9,59	14,08	0	417,96	4,24	7,77	14,03
Efecto lineal	1	30,71	5,43	----	89,41	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	0,14	5,26	----	98,84			
Efecto cúbico	1	20,27	0,21	----	20,89			

ra. No obstante, estas pequeñas variaciones detectadas por el análisis estadístico para la fracción correspondiente al calcio ligado, carecen de sentido práctico al considerar la evolución del calcio total.

La fracción insoluble inorgánica no se ve afectada significativamente ni en su cantidad ni en su evolución.

Es de destacar el comportamiento antagónico que experimentan en las muestras tratadas las fracciones solubles y orgánica insoluble, con respecto al incremento experimentado por el calcio total en este tipo de muestras, el cual, como puede observarse muy claramente en la Gráfica 59, está originado por el incremento experimentado por la fracción orgánica insoluble, el cual supera netamente a lo largo de todo el periodo estudiado, la bajada experimentada por la fracción soluble. Parece ser que es, por tanto, la fracción ligada a los oxalatos la que determina la acumulación de este elemento durante, al menos, la primera mitad del periodo vegetativo.

Los valores obtenidos en la descomposición de la interacción, presentados en la Tabla CIX ponen de manifiesto las diferencias existentes entre las tendencias evolutivas obtenidas para esta fracción en ambos tipos de muestras (Tabla CVIII).

8.1.2.1.4.- Cerezos. Tratamiento segundo.

Las Tablas CX, CXI, CXII y CXIII recogen los resultados del tratamiento estadístico aplicado. La Gráfica 60, la representación de los resultados analíticos medios obtenidos.

Según ya va siendo usual, la fracción insoluble inorgánica no ve alterada ni su contenido ni su evolución. Por el contrario, el efecto del tratamiento resulta ser significativo (Tabla CX) para las otras tres fracciones, viéndose disminuido -como efecto promedio- para las fracciones correspondientes al calcio soluble y al ligado, Gráfica 60, e incrementado en la orgánica insoluble.

TABLA CX

Fracciones de Calcio. Cerezos. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo.

ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

<u>Fuentes de variación</u>	<u>g l</u>	<u>F_{exp.}</u>				<u>F_{req.}</u>		
		<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Lig</u>	<u>Ca-II</u>	<u>Ca-IO</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Efecto del tratamiento	1	5738,87	25,35	1,34	217,40	4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida	3	3351,20	465,30	5,75	58,64	3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción	3	716,93	11,05	1,35	42,37			
Varianza del error	24	$1,59 \cdot 10^{-4}$	$8,33 \cdot 10^{-5}$	$8,33 \cdot 10^{-5}$	$4,3 \cdot 10^{-4}$			

TABLA CXI

Fracciones de Calcio. Cerezos. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo

COMPARACION ENTRE MUESTRAS TESTIGO Y TRATADAS PARA CADA FECHA DE MUESTREO

<u>Fuente de variación</u>	<u>g l</u>	<u>F_{exp.}</u>				<u>F_{req.}</u>		
		<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Lig</u>	<u>Ca-II</u>	<u>Ca-IO</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Primera fecha	1	165,96	2,40	2,40	205,01	4,24	7,77	14,03
Segunda fecha	1	800,08	1,35	0	126,56			
Tercera fecha	1	1205,96	25,35	0,60	12,81			
Cuarta fecha	1	5717,67	29,40	2,40	0,11			

TABLA CXII

Fracciones de Calcio. Cerezos. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo.

DINAMICA FOLIAR

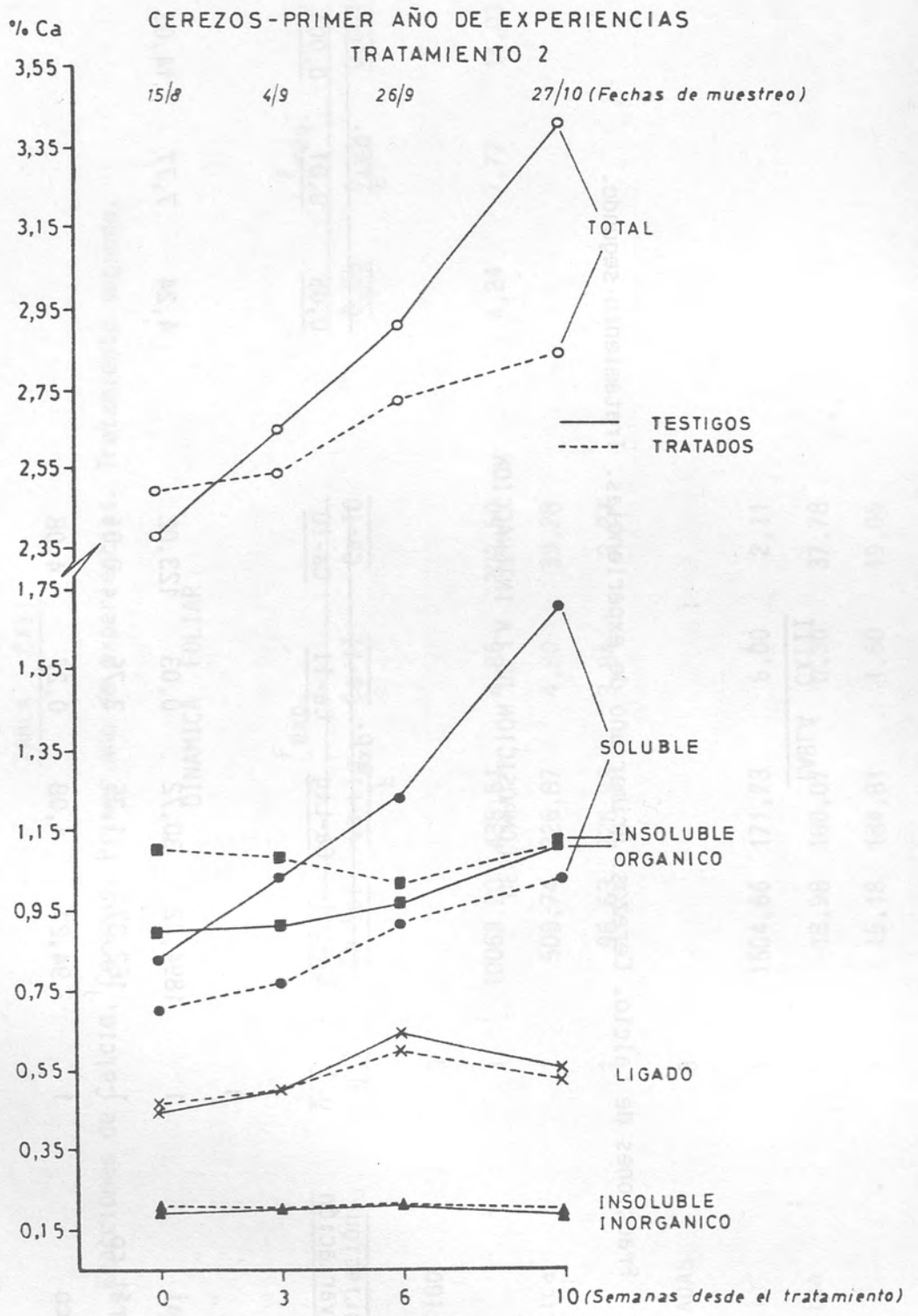
Fuentes de variación	g l	F _{exp.}				F _{req.}		
		Ca-Sol	Ca-Lig	Ca-II	Ca-IO	0,05	0,01	0,001
MUESTRAS TESTIGO	3							
Tend. lineal	1	10068,20	438,61	4,86	202,50	4,24	7,77	14,03
Tend. cuadrática	1	500,74	226,87	4,80	39,28			
Tend. cúbica	1	96,63	226,93	3,84	2,27			
MUESTRAS TRATADAS	3							
Tend. lineal	1	1504,66	171,73	6,00	2,11			
Tend. cuadrática	1	18,98	180,07	0,30	37,78			
Tend. cúbica	1	15,18	184,81	1,50	19,05			

TABLA CXIII

Fracciones de Calcio. Cerezos. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo.

DESCOMPOSICION DE LA INTERACCION

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}				F _{req.}		
		Ca-Sol	Ca-Lig	Ca-II	Ca-IO	0,05	0,01	0,001
Interacción	3							
Efecto lineal	1	1894,22	30,72	0,03	123,02	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	162,37	1,35	3,75	< 0,01			
Efecto cúbico	1	94,21	1,08	0,27	4,08			



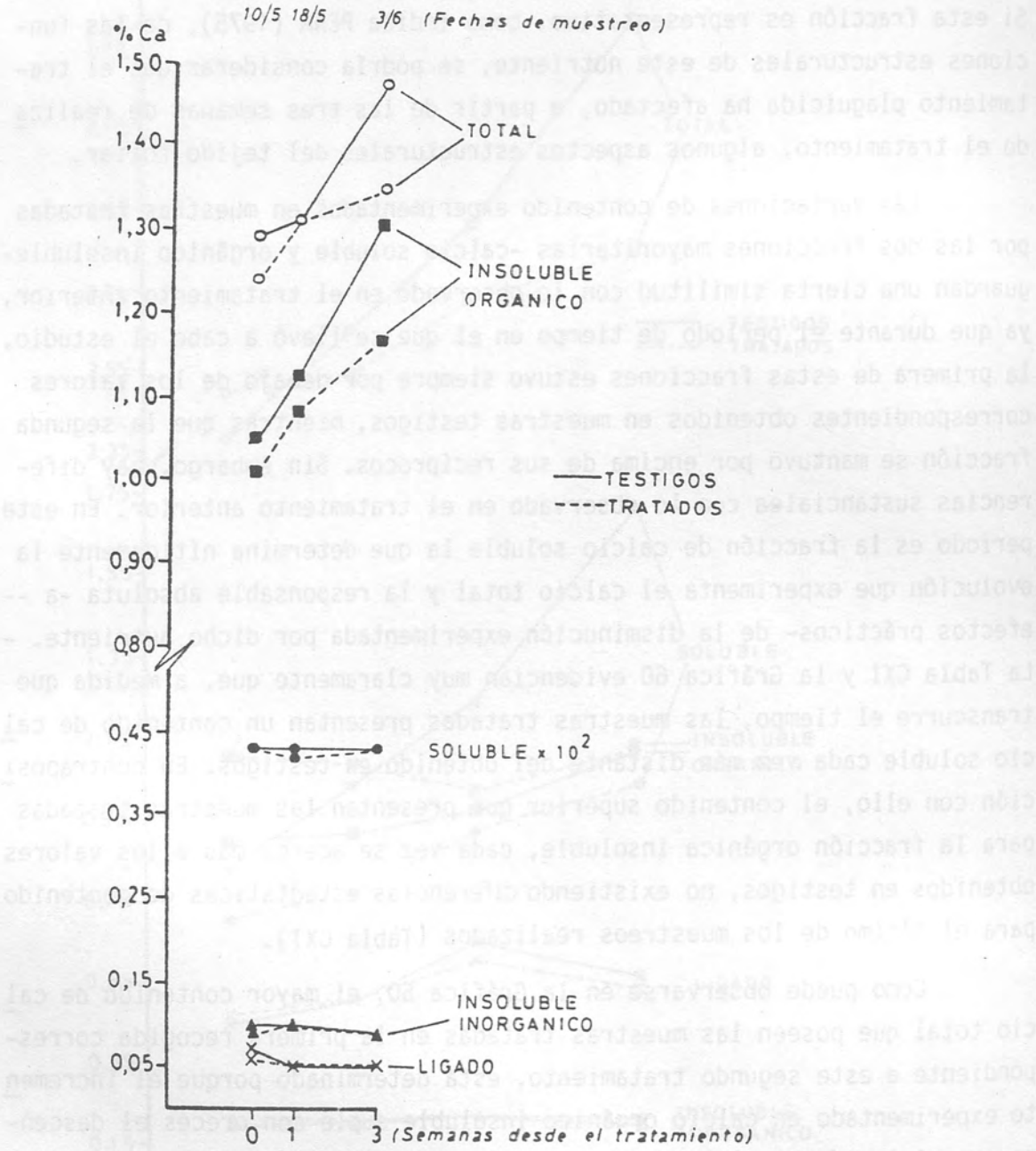
Gráfica 60

La disminución en el calcio ligado está originada exclusivamente por el descenso experimentado en las dos últimas recogidas (Tabla CXI). Si esta fracción es representativa, como indica PEÑA (1975), de las funciones estructurales de este nutriente, se podría considerar que el tratamiento plaguicida ha afectado, a partir de las tres semanas de realizado el tratamiento, algunos aspectos estructurales del tejido foliar.

Las variaciones de contenido experimentados en muestras tratadas por las dos fracciones mayoritarias -calcio soluble y orgánico insoluble- guardan una cierta similitud con lo observado en el tratamiento anterior, ya que durante el periodo de tiempo en el que se llevó a cabo el estudio, la primera de estas fracciones estuvo siempre por debajo de los valores correspondientes obtenidos en muestras testigos, mientras que la segunda fracción se mantuvo por encima de sus recíprocos. Sin embargo, hay diferencias sustanciales con lo observado en el tratamiento anterior. En este periodo es la fracción de calcio soluble la que determina nítidamente la evolución que experimenta el calcio total y la responsable absoluta -a -- efectos prácticos- de la disminución experimentada por dicho nutriente. - La Tabla CXI y la Gráfica 60 evidencian muy claramente que, a medida que transcurre el tiempo, las muestras tratadas presentan un contenido de calcio soluble cada vez más distante del obtenido en testigos. En contraposición con ello, el contenido superior que presentan las muestras tratadas para la fracción orgánica insoluble, cada vez se acerca más a los valores obtenidos en testigos, no existiendo diferencias estadísticas de contenido para el último de los muestreos realizados (Tabla CXI).

Como puede observarse en la Gráfica 60, el mayor contenido de calcio total que poseen las muestras tratadas en la primera recogida correspondiente a este segundo tratamiento, está determinado porque el incremento experimentado en calcio orgánico insoluble suple con creces el descenso experimentado por la fracción soluble. A partir de aquí, el descenso - que esta fracción sufre ya no es compensado por el exceso de la fracción

CIRUELOS-SEGUNDO AÑO DE EXPERIENCIAS
TRATAMIENTO 1



Gráfica 61

orgánica insoluble, siendo el calcio soluble el responsable de los efectos que el tratamiento provoca en los cerezos.

La dinámica de la fracción soluble no se ve alterada cualitativamente con el tiempo como consecuencia del tratamiento. Aunque en bastante menor escala que en muestras testigo, esta fracción también se incrementa en muestras tratadas con el transcurso del tiempo (Tabla CXII y CXIII). Sin embargo, la fracción orgánica insoluble no posee en muestras tratadas, una tendencia lineal definida y en esta diferenciación - con la dinámica mostrada por las muestras testigo es donde se centra la mayor parte de la interacción encontrada en el análisis preliminar de la varianza.

En resumen, este segundo tratamiento parece incidir de una forma determinante en que la fracción soluble de calcio se acumule en la hoja de una forma mucho más lenta que lo hace en aquellas otras muestras que no recibieron tratamiento alguno. El efecto sobre la fracción orgánica insoluble parece ser poco determinante en cuanto a variación de contenido, aunque las diferencias arrastradas desde el tratamiento anterior tiende a ir disminuyendo poco a poco a lo largo del tiempo.

8.1.2.2.- Segundo año de experiencias

8.1.2.2.1.- Ciruelos. Tratamiento primero

La Gráfica 61 resume los valores medios obtenidos para las distintas fechas de muestreo y las Tablas CXIV, CXV, CXVI y CXVII, los resultados obtenidos en el análisis estadístico de los datos.

La citada gráfica pone de manifiesto que, como era de esperar a tenor de los resultados obtenidos en el año anterior, es la fracción orgánica insoluble la que representa, en un porcentaje muy elevado, el contenido de calcio total en el tejido foliar de los ciruelos, siendo la -- que determina los cambios experimentados por este nutriente. Como puede

TABLA CXIV

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Segundo año de experiencias. Tratamiento primero.

ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}				F _{req.}		
		Ca-Sol	Ca-Lig	Ca-II	Ca-IO	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento	1	4,73	0,14	1,99	142,23	4,41	8,28	15,38
Efecto de la recogida	2	2,05	61,00	5,37	410,32	3,55	6,01	10,39
Efecto de la interacción	2	2,05	0,14	2,37	25,98			
Varianza del error	18	$2,63 \cdot 10^{-9}$	$2,91 \cdot 10^{-5}$	$3,33 \cdot 10^{-5}$	$2,16 \cdot 10^{-4}$			

TABLA CXV

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Segundo año de experiencias. Tratamiento primero.

COMPARACION ENTRE MUESTRAS TESTIGO Y TRATADAS PARA CADA FECHA DE MUESTREO

<u>Fuente de variación</u>	<u>g l</u>	<u>F_{exp.}</u>				<u>F_{req.}</u>		
		<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Lig</u>	<u>Ca-II</u>	<u>Ca-IO</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Primera fecha	1	4,26	0,42	4,00	11,30	4,41	8,28	15,38
Segunda fecha	1	4,53	< 0,01	0,37	20,82			
Tercera fecha	1	0	0	0,37	162,05			

TABLA CXVI

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Segundo año de experiencias. Tratamiento primero.

DINAMICA FOLIAR

<u>Fuentes de variación</u>	<u>g l</u>	<u>F_{exp.}</u>				<u>F_{req.}</u>		
		<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Lig</u>	<u>Ca-II</u>	<u>Ca-IO</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
MUESTRAS TESTIGO	2							
Tend. lineal	1	0	61,71	4,37	612,05	4,41	8,28	15,38
Tend. cuadrática	1	0	4,14	0,12	23,5			
MUESTRAS TRATADAS	2							
Tend. lineal	1	4,16	51,87	1,50	236,30			
Tend. cuadrática	1	3,94	3,57	4,20	0,69			

TABLA CXVII

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Segundo año de experiencias. Tratamiento primero.

DESCOMPOSICION DE LA INTERACCION

Fuentes de variación	g	F _{exp.}				F _{req.}		
		Ca-Sol	Ca-Lig	Ca-II	Ca-IO	0,05	0,01	0,001
Interacción	2							
Efecto lineal	1	----	----	----	43,87	4,41	8,28	15,38
Efecto cuadrático	1	----	----	----	8,08			

observarse, las otras tres fracciones constituyen un porcentaje muy poco significativo del calcio total.

El análisis preliminar de la varianza (Tabla CXIV) no detecta significación alguna para las fracciones de calcio ligado e inorgánico insoluble y sí lo hace, en gran medida, para el orgánico insoluble. Para el Ca-soluble se obtiene una $F_{exp.}$ que supera por muy poco el valor requerido para la significación a una $P < 0,05$; esta significación parece centrarse (Tabla CXV) en la segunda recogida realizada. Sin embargo, la no significación de la interacción parece minimizar estas diferencias, por lo que se puede afirmar que, prácticamente, es la fracción orgánica insoluble la única que se encuentra disminuida por acción del tratamiento.

Los resultados obtenidos en el estudio de la dinámica foliar están recogidos en las Tablas CXVI y CXVII. Se puede apreciar que ninguna tendencia resulta alterada cuantitativamente.

8.1.2.2.2.- Ciruelos. Tratamiento segundo

La Gráfica 62 y la Tabla CXVIII vuelven a poner de manifiesto lo que acabamos de indicar en el apartado anterior, es decir, que única mente la fracción orgánica insoluble resulta afectada por el tratamiento, siendo la que gobierna el contenido total de calcio. Las diferencias encontradas para cada una de las fechas de muestreo entre ambos tipos de muestras son siempre altamente significativas (Tabla CXIX).

Durante el periodo de tiempo estudiado el calcio soluble permanece invariable, mientras que el calcio ligado y el inorgánico insoluble, y sobre todo el orgánico insoluble, incrementan sus contenidos foliares (Tabla CXX), si bien los aumentos que experimentan las dos primeras fracciones carecen de importancia real.

No se ha detectado la misma evolución (Tabla CXXI) para la fracción orgánica insoluble de ambos tipos de muestras.

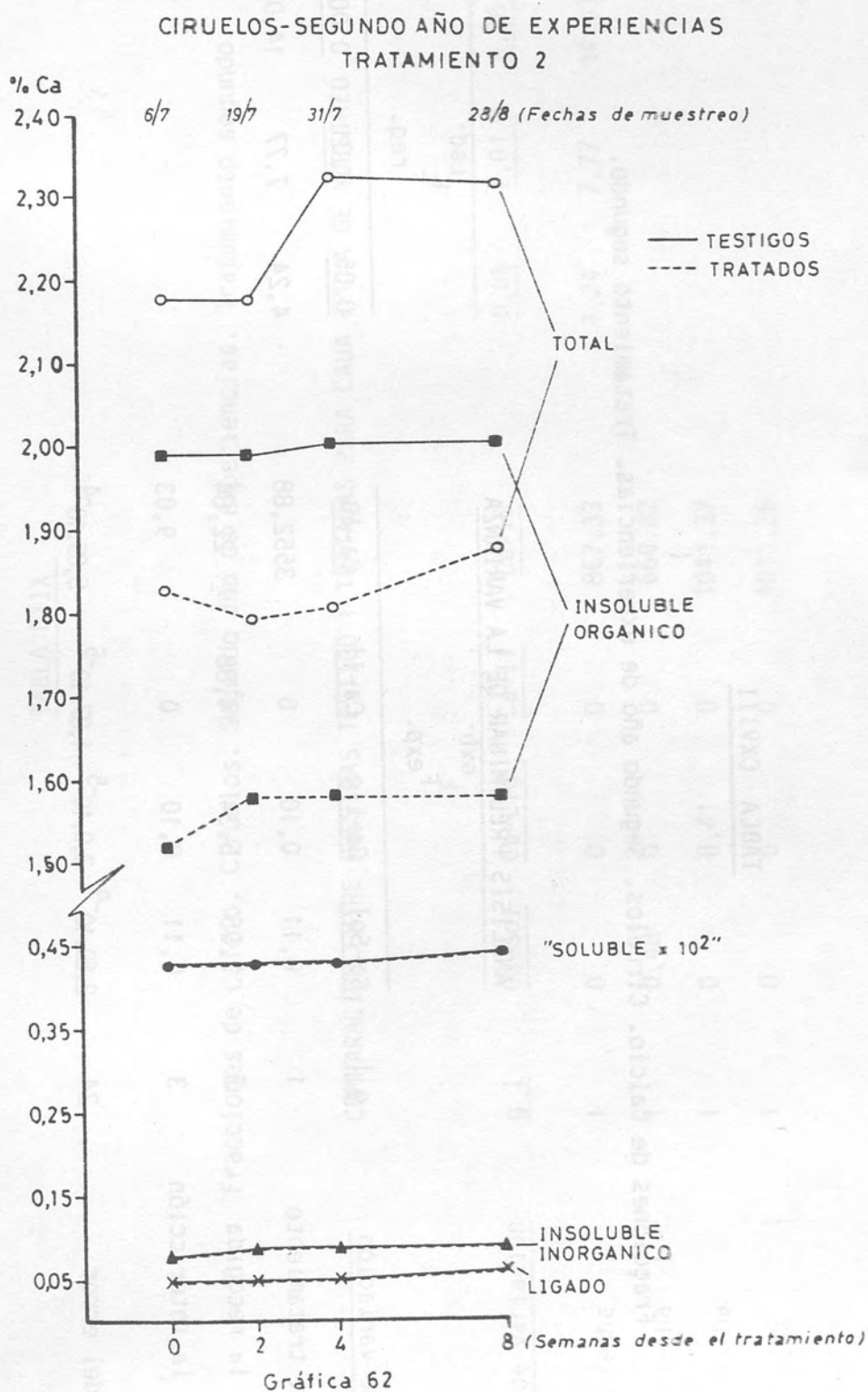


TABLA CXVIII

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Segundo año de experiencias. Tratamiento segundo.

ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Fuentes de variación	g l	$F_{\text{exp.}}$				$F_{\text{req.}}$		
		Ca-Sol	Ca-Lig	Ca-II	Ca-IO	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento	1	0,11	0,10	0	3552,88	4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida	3	3,95	5,34	14,88	22,84			
Efecto de la interacción	3	0,11	0,10	0	9,03			
Varianza del error	24	$2,60 \cdot 10^{-9}$	$3,0 \cdot 10^{-5}$	$1,87 \cdot 10^{-5}$	$5,09 \cdot 10^{-4}$			

TABLA CXIX

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Segundo año de experiencias. Tratamiento segundo.

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Segundo año de experiencias. Tratamiento segundo

COMPARACION ENTRE MUESTRAS TESTIGO Y TRATADAS PARA CADA FECHA DE MUESTREO

<u>Fuente de variación</u>	<u>g l</u>	<u>F_{exp.}</u>				<u>F_{req.}</u>		
		<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Lig</u>	<u>Ca-11</u>	<u>Ca-10</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Primera fecha	1	0	0	0	867,33	4,24	7,77	14,03
Segunda fecha	1	0,48	0	0	660,02			
Tercera fecha	1	0	0,41	0	1041,37			
Cuarta fecha	1	0	0	0	1011,26			

TABLA CXX

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Segundo año de experiencias. Tratamiento segundo.

		DINAMICA FOLIAR						
		$F_{exp.}$				$F_{req.}$		
Fuentes de variación	g l	Ca-Sol	Ca-Lig	Ca-II	Ca-IO	0,05	0,01	0,001
MUESTRAS TESTIGO	3							
Tend. lineal	1	3,88	5,00	11,26	58,95	4,24	7,77	14,03
Tend. cuadrática	1	2,16	1,86	3,00	0,01			
Tend. cúbica	1	0,43	2,02	8,06	17,73			
MUESTRAS TRATADAS	3							
Tend. lineal	1	3,07	5,95	11,26	11,34			
Tend. cuadrática	1	0,96	0,82	3,00	4,93			
Tend. cúbica	1	1,72	0,66	8,06	1,65			

TABLA CXXI

Fracciones de Calcio. Ciruelos. Segundo año de experiencias. Tratamiento segundo.

DESCOMPOSICION DE LA INTERACCION

Fuentes de variación	g	F _{exp.}				F _{req.}		
		Ca-Sol	Ca-Lig	Ca-II	Ca-IO	0,05	0,01	0,001
Interacción	3							
Efecto lineal	1	---	---	---	9,28	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	---	---	---	2,70			
Efecto cúbico	1	---	---	---	15,11			

8.1.2.2.3.- Cerezos. Tratamiento primero

La Gráfica 63 muestra la evolución del calcio total y de sus distintas fracciones. Resulta evidente que en este periodo primaveral es la fracción orgánica insoluble la que prevalece y la que está determinando los cambios experimentados por el calcio total.

El menor contenido de calcio soluble respecto a las fracciones inorgánicas insolubles y ligado es descrito por PEÑA (1975) como una característica de las hojas jóvenes de limoneros. Los altos valores obtenidos en la fracción orgánica insoluble denotan que este tipo de calcio es el que representa de forma contundente, al menos en esta fase del periodo vegetativo, la acumulación foliar de este elemento.

Al examinar la Tabla CXXII se puede advertir que solamente la fracción orgánica insoluble es la que posee valores de $F_{exp.}$ superiores a los requeridos para el efecto del tratamiento, así como para la interacción del mismo con la recogida. Esta diferencia de contenido queda circunscrita -como se puede apreciar en la Tabla CXXIII- a las dos primeras recogidas, llegándose a igualar con los testigos a las tres semanas de haberse realizado el tratamiento.

La Tabla CXXIV recoge el estudio realizado acerca de la evolución a lo largo del tiempo de las distintas fracciones. Todas ellas incrementan sus contenidos en el transcurso del periodo estudiado, pero solamente la fracción orgánica insoluble varía cuantitativamente en la forma de llevarlo a cabo (Tabla CXXV).

Los pequeños márgenes de variación encontrados para las fracciones de calcio ligado y de calcio inorgánico insoluble están totalmente en la línea de lo descrito por NADIR (1968), CARPENA y col. (1972 b) y PEÑA (1975) en cítricos.

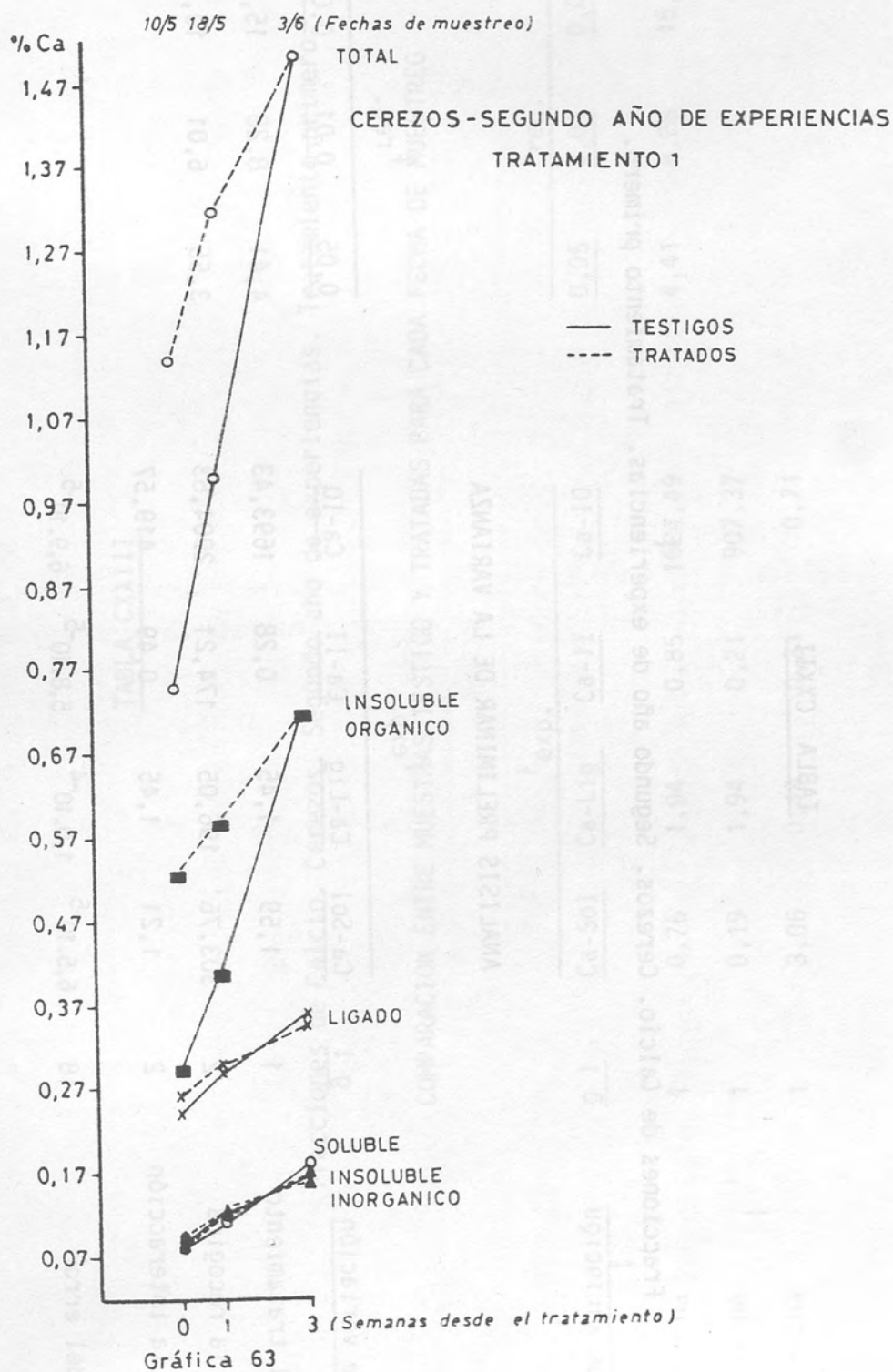


TABLA CXXII

Fracciones de Calcio. Cerezos. Segundo año de experiencias. Tratamiento primero.

ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}				F _{req.}		
		Ca-Sol	Ca-Lig	Ca-II	Ca-IO	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento	1	1,59	1,45	0,28	1693,43	4,41	8,28	15,38
Efecto de la recogida	2	303,76	196,05	174,21	2904,53	3,55	6,01	10,39
Efecto de la interacción	2	1,21	1,45	0,49	419,57			
Varianza del error	18	$6,5 \cdot 10^{-5}$	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$5,8 \cdot 10^{-5}$	$6,9 \cdot 10^{-5}$			

TABLA CXXIII

Fracciones de Calcio. Cerezos. Segundo año de experiencias. Tratamiento primero.

COMPARACION ENTRE MUESTRAS TESTIGO Y TRATADAS PARA CADA FECHA DE MUESTREO

Fuente de variación	g l	F _{exp.}				F _{req.}		
		Ca-Sol	Ca-Lig	Ca-II	Ca-IO	0,05	0,01	0,001
Primera fecha	1	0,76	1,94	0,85	1624,49	4,41	8,28	15,38
Segunda fecha	1	0,19	1,94	0,21	907,37			
Tercera fecha	1	3,06	0,48	0,21	0,71			

TABLA CXXIV

Fracciones de Calcio. Cerezos. Segundo año de experiencias. Tratamiento primero.

DINAMICA FOLIAR

 $F_{exp.}$ $F_{req.}$

<u>Fuentes de variación</u>	<u>g l</u>	<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Lig</u>	<u>Ca-II</u>	<u>Ca-IO</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
MUESTRAS TESTIGO	2							
Tend. lineal	1	306,38	224,87	192,85	5201,99	4,41	8,28	15,38
Tend. cuadrática	1	20,60	3,28	0,28	328,55			
Efecto de la interacción.	2	1,21	1,45	0,20	419,57			
MUESTRAS TRATADAS	2							
Tend. lineal	1	276,51	166,50	156,21	1067,21			
Tend. cuadrática	1	6,38	0,36	0,07	50,45			

TABLA CXXV

Fracciones de Calcio. Cerezos. Segundo año de experiencias. Tratamiento primero.

DESCOMPOSICION DE LA INTERACCION

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}				F _{req.}		
		Ca-Sol	Ca-Lig	Ca-II	Ca-IO	0,05	0,01	0,001
Interacción	2							
Efecto lineal	1	---	---	---	778,40	4,41	8,28	15,38
Efecto cuadrático	1	---	---	---	60,74			

8.1.2.2.4.- Cerezos. Tratamiento segundo

La Gráfica 64 recoge los contenidos y la evolución de los mismos correspondientes al calcio total y a cada una de las cuatro fracciones estudiadas.

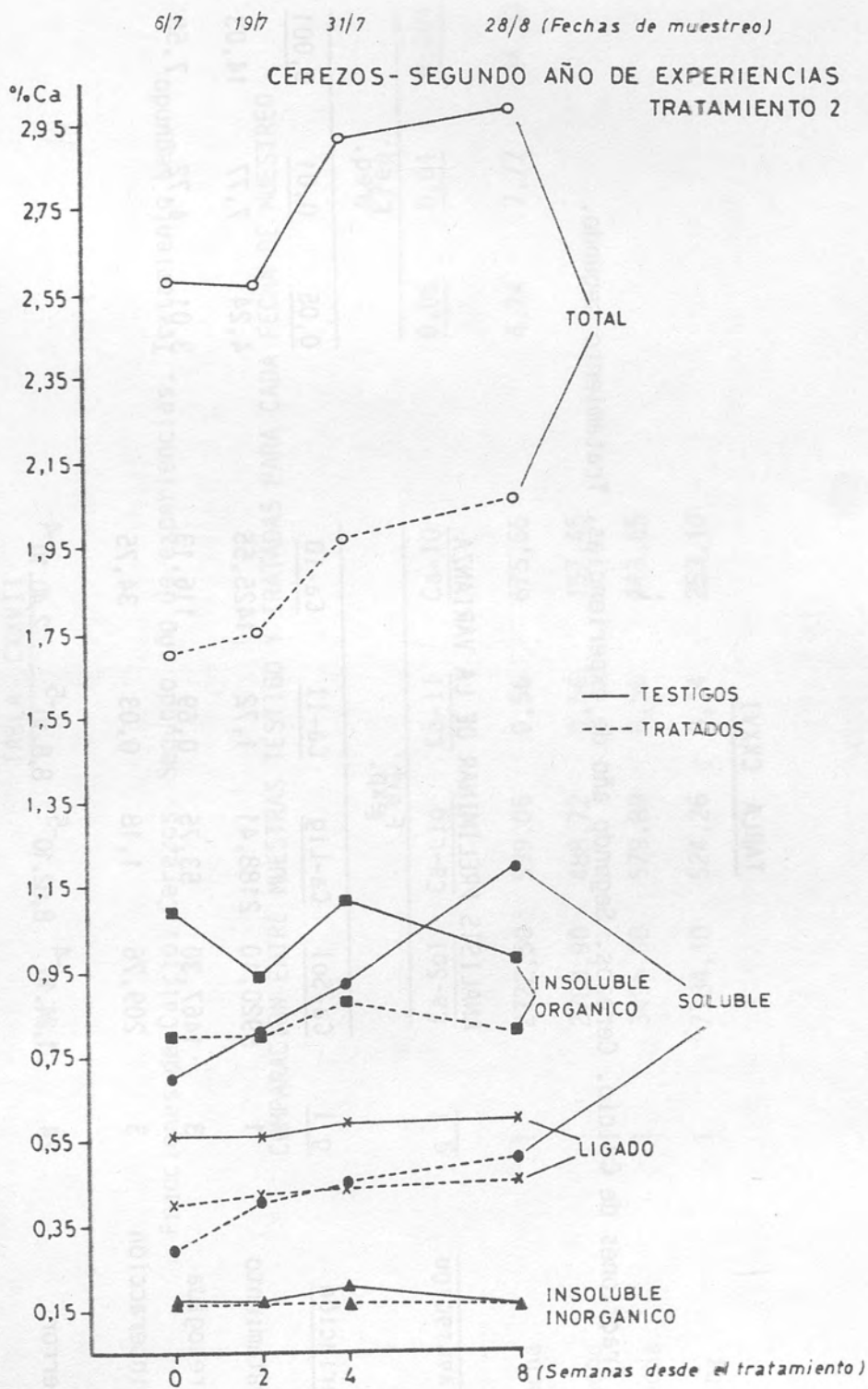
En contraposición a lo acaecido en el tratamiento anterior, -- ahora se obtiene una fuerte reducción en los contenidos totales de este elemento, por comparación a los testigos, en aquellas muestras que recibieron el tratamiento plaguicida. En esta disminución de contenido colaboran todas las fracciones a excepción de la inorgánica insoluble, según se puede ver en la Tabla CXXVI.

De la Gráfica 64 y de la Tabla CXXVII se puede deducir que:

- Las fracciones más afectadas cuantitativamente son: soluble, orgánica insoluble y ligado.
- La evolución del calcio total está determinada, fundamentalmente, en este periodo de tiempo por la fracción soluble.
- Las diferencias encontradas para la fracción soluble entre -- muestras testigo y muestras tratadas, se incrementan con el tiempo. Estas diferencias son alternantes en la fracción orgánica insoluble y se mantienen dentro de un intervalo constante y de poca variabilidad para la fracción de calcio ligado.

Cualitativamente, la dinámica se ve afectada en la fracción orgánica insoluble (Tabla CXXVIII) de las muestras tratadas, ya que no existe una tendencia definida a lo largo del tiempo.

La evolución natural del incremento a lo largo del tiempo no se ve alterada en la fracción soluble en forma cualitativa (Tabla CXXVIII) -- aunque sí cuantitativamente (Tabla CXXIX). La evolución de las otras dos fracciones no se ve alterada por el tratamiento, estando corroborado en la Tabla CXXVI donde no se obtienen valores significativos para las interacciones.



Gráfica 64

TABLA CXXVI

Fracciones de Calcio. Cerezos. Segundo año de experiencias. Tratamiento segundo.

ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

<u>Fuentes de variación</u>	<u>g l</u>	<u>F_{exp.}</u>				<u>F_{req.}</u>		
		<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Lig</u>	<u>Ca-II</u>	<u>Ca-IO</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Efecto del tratamiento	1	5920,10	2188,41	1,72	1425,55	4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida	3	1467,30	53,75	0,69	116,13	3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción	3	209,76	1,18	0,03	34,75			
Varianza del error	24	$1,24 \cdot 10^{-4}$	$8,02 \cdot 10^{-5}$	$8,8 \cdot 10^{-5}$	$2,40 \cdot 10^{-4}$			

TABLA CXXVII

Fracciones de Calcio. Cerezos. Segundo año de experiencias. Tratamiento segundo.

COMPARACION ENTRE MUESTRAS TESTIGO Y TRATADAS PARA CADA FECHA DE MUESTREO

<u>Fuente de variación</u>	<u>g l</u>	<u>F_{exp.}</u>				<u>F_{req.}</u>		
		<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Lig</u>	<u>Ca-II</u>	<u>Ca-IO</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Primera fecha	1	2722,50	599,06	0,56	675,65	4,24	7,77	14,03
Segunda fecha	1	2788,90	488,72	0,56	157,45			
Tercera fecha	1	3496,90	579,89	0,56	443,65			
Cuarta fecha	1	7784,10	524,26	0,14	253,10			

TABLA CXXVIII

Fracciones de calcio. Cerezos. Segundo año de experiencias. Tratamiento segundo.

DINAMICA FOLIAR

<u>Fuentes de variación</u>	<u>g l</u>	<u>F_{exp.}</u>				<u>F_{req.}</u>		
		<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Lig</u>	<u>Ca-II</u>	<u>Ca-IO</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
MUESTRAS TESTIGO	3							
Tend. lineal	1	4147,36	67,88	0,22	17,47	4,24	7,77	14,03
Tend. cuadrática	1	245,00	0,31	0,28	0,62			
Tend. cúbica	1	60,84	12,21	0,90	347,29			
MUESTRAS TRATADAS	3							
Tend. lineal	1	795,24	83,04	0,01	3,25			
Tend. cuadrática	1	20,00	0,07	0,07	25,70			
Tend. cúbica	1	5,76	1,26	0,69	54,30			

TABLA CXXIX

Fracciones de Calcio. Cerezos. Segundo año de experiencias. Tratamiento segundo.

DESCOMPOSICION DE LA INTERACCION

<u>Fuentes de variación</u>	<u>g</u>	<u>F_{exp.}</u>				<u>F_{req.}</u>		
		<u>Ca-Sol</u>	<u>Ca-Lig</u>	<u>Ca-II</u>	<u>Ca-IO</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>
Interacción	3							
Efecto lineal	1	655,22	----	----	23,62	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	202,50	----	----	17,18			
Efecto cúbico	1	14,58	----	----	63,46			

8.1.2.3.- Compendio acerca de la influencia de los tratamientos en las fracciones de calcio.

En primer lugar, hay que destacar la existencia de un hecho - diferenciador, de naturaleza genética o constitucional, que distingue claramente a las dos especies de árboles frutales estudiados. Se trata de la práctica ausencia de calcio soluble en el tejido foliar de los ciruelos durante la totalidad del periodo vegetativo. Ello hace que -- más del 80% del calcio total foliar de estos árboles esté representado en cualquier momento del ciclo vegetativo, por la fracción orgánica in soluble y que, lógicamente, sean las variaciones en el contenido de ésta las que determinen las sufridas por el calcio total. En efecto, ésta es la conclusión práctica que se puede extractar del estudio anterior correspondiente a este cultivo, donde ninguna de las otras tres - fracciones de calcio se ha visto alterada, en forma determinante, por alguno de los tratamientos plaguicidas realizados.

Distinta a esta es, sin embargo, la situación presentada por los cerezos. La fracción soluble posee ahora una evolución muy similar a la mostrada por el calcio total, siendo la que determina, básicamente y a lo largo de todo el ciclo, el sentido evolutivo del bioelemento. Sin embargo, las fracciones orgánica insoluble, en primer lugar, y el calcio ligado, en segundo, influyen con un peso importante en el contenido total del elemento, de tal manera que la fracción asociada con los oxalatos es, hasta mediados de agosto, la más importante en cuanto a -- contenido se refiere; a partir de aquí, la fracción soluble es la que, ocupa el primer puesto.

En cerezos, la fracción de calcio ligado posee, al contrario de lo observado en ciruelos, un suave incremento a lo largo del periodo vegetativo y un contenido de bastante mayor entidad que el allí mostrado.

La fracción correspondiente al calcio inorgánico insoluble se comporta de forma muy similar en ambos cultivos, tanto en evolución como en contenido.

En cuanto a los efectos que ejercen los tratamientos plaguicidas sobre las distintas fracciones, cabe reseñar lo siguiente:

- La fracción inorgánica insoluble, al igual que en ciruelos, no se ve alterada por ninguno de los tratamientos realizados.

- El calcio ligado se ve poco afectado por los primeros tratamientos realizados en cada uno de los dos años de experiencias; solamente en la primera recogida, correspondiente al tratamiento con "Solbar" (polisulfuro de bario, 1211), se detectó una pequeña disminución del mismo.

El efecto producido por los siguientes tratamientos : "Ultracid 40 E" (metidati6n, 1454), "Irokar" (dinocap, 2912) y "Fitonil 80 forte" (zineb, 3215) en el primer año de experiencias , "Dimetoato-40" (dime-toato, 1553) y "Pomarsol Z-forte" (ziram, 3225) en el segundo y, especialmente, el llevado a cabo en el segundo año, afectan a esta fracción de calcio provocando una reducci6n en su contenido respecto de los testigos. Esta reducci6n es de muy poca importancia cuantitativa -sobre todo en el primer año de experiencias- respecto al descenso experimentado por el calcio total. Sin embargo, si esta fracci6n, tal y como indica - PEÑA (1975), queda encuadrada como un componente estructural de la célula, entonces, la disminuci6n que la misma experimenta, puede tener una gran importancia dado que podríA interpretarse como una evidencia de -- que los productos plaguicidas aplicados han ocasionado una alteraci6n -- de la pared celular. En este sentido es importante resaltar el papel -- atribuido al Calcio en la insolubilizaci6n de los ácidos pécticos, como -- agente cementante de la pared celular de los tejidos vegetales; está -- también suficientemente probado que los dep6sitos de pectado cálcico van incrementando la rí gidez de la pared celular, indicando BATEMAN y LUMSDEN (1965) que el aumento en rí gidez de la pared celular aumenta la resistencia de los tejidos vegetales a la infecci6n. Bajo este orden de cosas, -- la distorsi6n que determinados plaguicidas, utilizados a diversas dosis y en determinados momentos, puedan ejercer sobre el contenido de calcio ligado, podríA constituir un indicador a tener en cuenta en las recidi-- vas de parásitos que muchos au-

tores han descrito como subsiguientes a la aplicación de determinados - productos fitofarmacéuticos, ya que -independientemente de otra serie - de consideraciones metabólicas que ya quedaron apuntadas- al poder producir efectos, tales como desagregación de tejidos, excoiraciones, etc, supone una mayor accesibilidad celular para el invasor patógeno.

La fracción orgánica insoluble presenta en cerezos un aspecto llamativo que la diferencia funcionalmente de la fracción soluble pues aunque las dos contribuyan a la acumulación del bioelemento, la primera es la única fracción responsable de los incrementos en calcio total experimentados por los árboles tratados.

A lo largo de los periodos experimentales consecutivos a los - dos tratamientos realizados durante el primer año de experiencias, las muestras tratadas exhiben siempre contenidos superiores de calcio orgánico insoluble que sus correspondientes testigos. Este mismo fenómeno sólo se produce en el segundo año de experiencias a lo largo del periodo experimental correspondiente al primer tratamiento. Una vez realizado - el segundo tratamiento, los niveles de este tipo de calcio son siempre inferiores a los mostrados por los testigos.

En el apartado correspondiente a la discusión de los efectos - observados a tenor de la composición de los productos añadidos, se intentó explicar la elevación y persistencia de la cantidad total de calcio que mostraban las muestras tratadas en base al menor porte de los - cerezos. Dada la cantidad de calcio detectada en el polisulfuro de bario (1211) que se utilizó en el tratamiento, esto podía constituir una explicación -aunque no completamente satisfactoria- para lo observado - en el periodo de estudio correspondiente a este tratamiento; ahora bien, de ninguna manera podía justificar, a juzgar por el análisis de los plaguicidas, como se indicó, el aumento experimentado con posterioridad al primer tratamiento del segundo año de experiencias. Sin embargo, después de observar (Gráfica 60) que el calcio total posee un contenido inferior

en muestras tratadas, respecto a los testigos, con posterioridad al segundo tratamiento del primer año de experiencias y que, pese a ello, la fracción orgánica insoluble de muestras tratadas supera netamente a la de sus testigos correspondientes, nos vemos obligados a admitir que es probable que, de alguna forma, la aplicación de determinados productos fitofarmacéuticos, estimule la producción de ácido oxálico conduciendo, en consecuencia, el aumento de este tipo de calcio.

La fracción de calcio soluble es la que determina, en mayor grado, las disminuciones experimentadas por el calcio total en muestras tratadas.

En general, se puede decir que las reducciones relativas que esta fracción experimenta en las muestras tratadas se van incrementando con el tiempo, produciéndose en tal magnitud que, mientras en testigos, hacia mitad del verano, el contenido de la fracción soluble sobrepasa al del calcio orgánico insoluble, este hecho no llega a producirse en las muestras tratadas en ninguno de los dos años en los que se desarrollaron las experiencias.

Las Gráficas 19 y 20 -para el primer año de experiencias- y 40 y 45 -para el segundo- evidencian nítidamente la evolución antagónica que poseen los contenidos totales de K y Ca en cerezos. El estudio del fraccionamiento del calcio que hemos llevado a cabo nos ha mostrado que el antagonismo evolutivo está centrado, fundamentalmente, en la fracción soluble, no sólo por el hecho de ser la fracción que condiciona primordialmente la evolución del calcio total, sino también por ser aquella -- que, antes que ninguna otra y en mayor cuantía ve reducidos sus contenidos frente al incremento experimentado por el potasio. Bajo esta óptica podría pensarse en una cierta sustitución de calcio por potasio -sustitución que no es estequiométrica- a nivel de acumulación vacuolar de sales orgánicas y, en concreto, a nivel de malato. Esto, lógicamente, sería -- consecuencia de una menor llegada de calcio a la célula, es decir, de --

una merma en el transporte del bioelemento, a la que puede contribuir - como hemos indicado más arriba, una mayor selectividad por el potasio, además de otra serie de factores ya enumerados.

La correlación existente entre los contenidos foliares de ácido málico y de calcio, ampliamente documentada en el capítulo anterior hace pensar -como ya se indicó- que la absorción de calcio está relacionada con la formación de ácido málico en el ciclo de KREBS (WALLACE y DEKOCK, 1966) y, al estar condicionada la actividad de la enzima aconitasa por el suministro de Fe, se deduce la relación entre absorción de calcio y contenido o actividad del hierro. La disminución de malato en condiciones deficitarias de hierro fué demostrada taxativamente por KHADR y col. (1966) en hojas de tabaco crecidas en hidroponía. Estos mismos autores demostraron claramente que, en las condiciones descritas, se incrementaba el contenido en ácido cítrico y que la razón ácido cítrico/ácido málico al menos, se triplicaba, así como que decrecía el contenido representado por la suma de los dos ácidos.

Estas consideraciones, junto a la fuerte disminución de la fracción soluble de calcio, detectada por CARPENA y col. (1972b), en cítricos con deficiencia de Fe inducida por suelos calizos y que, según PEÑA (1975), ha de provocar una disminución concomitante de ácido málico en el jugo vacuolar de la célula, constituyen un legítimo soporte para atribuir a la disminución experimentada por la fracción soluble de calcio, sobre todo con posterioridad a los segundos tratamientos realizados en cada uno de los dos años de experiencias, la posibilidad de ser considerada como un buen indicador acerca de las alteraciones que pueden ejercer los tratamientos plaguicidas sobre el metabolismo del Fe.

8.2.- Fracciones de hierro

En el capítulo anterior describimos el concepto y características de la clorosis férrica y, en particular, de la clorosis inducida --

por suelos calizos. Esta alteración fué considerada por LINDNER y HARLEY (1944) como factor limitante de primer orden en la productividad de ciertos árboles frutales. Debido a que las hojas que se habían vuelto amarillas, reverdecían al añadirle a la planta sales o complejos de hierro, - se atribuyó la causa de esta enfermedad a una deficiencia de hierro.

Sin embargo, la controversia se suscitó cuando, en la década de los años veinte, diversos investigadores (LINDNER y HARLEY, 1944) encontraron que el hierro total contenido en tejidos de plantas normales y --cloróticas era, esencialmente, el mismo. A este respecto, un grupo de investigadores, entre los que se pueden citar a JACOBSON (1945), THORNE y col. (1950), TAYLOR (1956) y SMITH (1962), adscribieron el alto contenido en hierro, mostrado por plantas cloróticas, a una contaminación superficial de las mismas que no había sido eliminada mediante un adecuado --proceso de lavado. Sin embargo, este hecho tampoco explica satisfactoriamente la paradoja, ya que diversas plantas afectadas de clorosis siguen mostrando, después de un escrupuloso proceso de lavado, un mayor contenido foliar de hierro que las plantas sanas (WALLACE y col., 1971; MEHROTRA y col., 1976, entre otros).

OSERKOWSKY (1933) fue el primer investigador que intentó dar una explicación racional a este fenómeno contradictorio. Introdujo el concepto de "hierro activo" para aquella fracción de hierro que, siendo susceptible de ser extraída con ClH 1N, participaba de alguna manera en la formación de la clorofila. Sólo una porción del hierro soluble en ClH 1N era --directamente responsable de la formación de clorofila y, para cuantificarle por la metodología de OSERKOWSKY, se requiere la determinación concomitante de este pigmento fotosintético.

Sin embargo, a partir del trabajo de OSERKOWSKY y, tal y como recoge CHANEY (1984), muchos investigadores han adoptado la cantidad total de Fe extraído con ClH 1N -y también con otros extractantes- como un parámetro resolutivo de la clorosis férrica. Para diferenciarlo del "hierro -

activo" definido por OSERKOWSKY, esta fracción debe ser denominada "hierro soluble". LLORENTE y col. (1973) demostraron que este "hierro soluble" está estrechamente relacionado con el contenido de clorofila y con la actividad peroxidasa, y opinan que la utilización de este parámetro puede ser un indicador del balance porfirínico que permita controlar la actividad metabólica del hierro. Recientemente, TAKKAR y KAUR (1984) -- han demostrado la bondad de la fracción de hierro soluble en ClH 1N --- frente a la obtenida por medio de otros agentes extractantes. La idea original de OSERKOWSKY acerca de que solamente una fracción del contenido total de Fe es utilizado fisiológicamente por la planta ha sido confirmada por SOMERS and SHIVE (1942), BENNETT (1945), JACOBSON (1945), - HEWITT (1946), McGEORGE (1949), BOLLE-JONES (1955), KRUEGER y col. --- (1964), O'SULLIVAN (1969), MENGEL y col. (1979, 1983, 1984), entre otros.

A pesar de lo expuesto anteriormente, existen algunas discrepancias en cuanto a los resultados obtenidos en el estudio de las fracciones de hierro y su utilidad en solventar el problema de la clorosis inducida por suelos calizos. Así, el propio OSERKOWSKY (1933) indicó que su metodología no debía ser utilizada en muestras recolectadas al final del periodo vegetativo. De otro lado, LINDNER y HARLEY (1944) encontraron que era el hierro extraído con ClH 0,5N el que mejor se correlacionaba con el índice de clorosis, mientras que PATEL y col. (1977) no han encontrado ninguna relación entre este factor y el Fe extraído con ClH 1N. En este sentido, cabe la posibilidad de que unos tiempos de extracción relativamente largos conduzcan, como indican LLORENTE y col. (1973) a resultados erróneos.

Planteada así la cuestión de las fracciones de hierro, nosotros hemos abordado la determinación de la fracción de hierro soluble en ClH 1N como un paso más en la profundización de nuestros estudios.

Las Gráficas 65 a 72, ambas inclusive, muestran la representación correspondiente a los contenidos de hierro total y su fracción soluble.

Las Tablas CXXX a CXXXVII, ambas inclusives, resumen los resultados finales del análisis estadístico realizado sobre los datos analíticos obtenidos para la fracción soluble de hierro, ordenados por años de experiencias y por tratamientos. La Tabla CXXXVIII recoge los coeficientes de correlación lineal obtenidos en la comparación de hierro soluble y hierro total.

8.2.1.- Primer año de experiencias. Tratamiento primero.

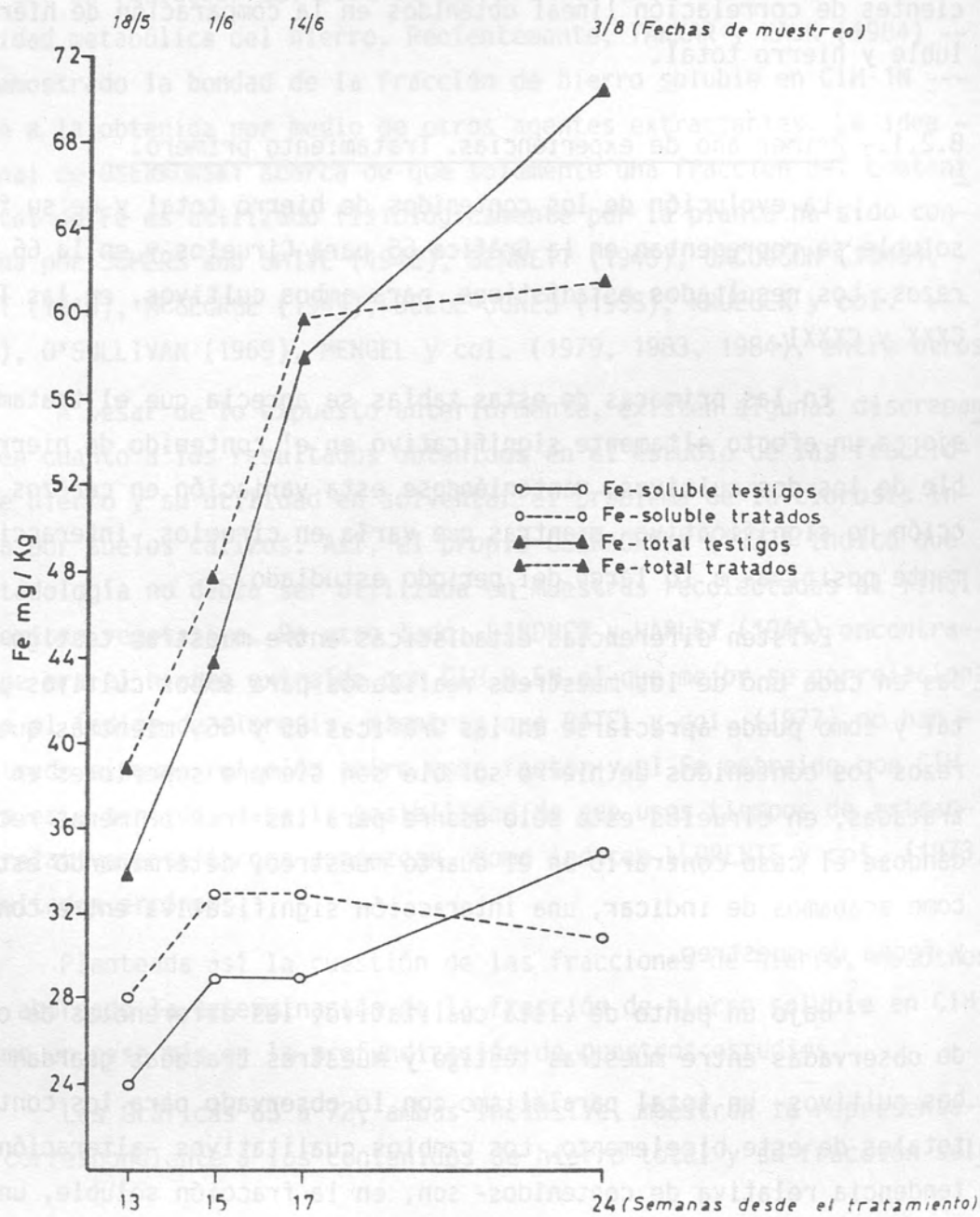
La evolución de los contenidos de hierro total y de su fracción soluble se representan en la Gráfica 65 para Ciruelos y en la 66 para Cerezos. Los resultados estadísticos, para ambos cultivos, en las Tablas - CXXX y CXXXI.

En las primeras de estas tablas se aprecia que el tratamiento - ejerce un efecto altamente significativo en el contenido de hierro soluble de los dos cultivos, manteniéndose esta variación en cerezos -interacción no significativa- mientras que varía en ciruelos -interacción altamente positiva- a lo largo del periodo estudiado.

Existen diferencias estadísticas entre muestras testigo y tratadas en cada uno de los muestreos realizados para ambos cultivos pero, -- tal y como puede apreciarse en las Gráficas 65 y 66, mientras que en cerezos los contenidos de hierro soluble son siempre superiores en muestras tratadas, en ciruelos esto sólo ocurre para las tres primeras recogidas, dándose el caso contrario en el cuarto muestreo, determinando este hecho, como acabamos de indicar, una interacción significativa entre contenido y fecha de muestreo.

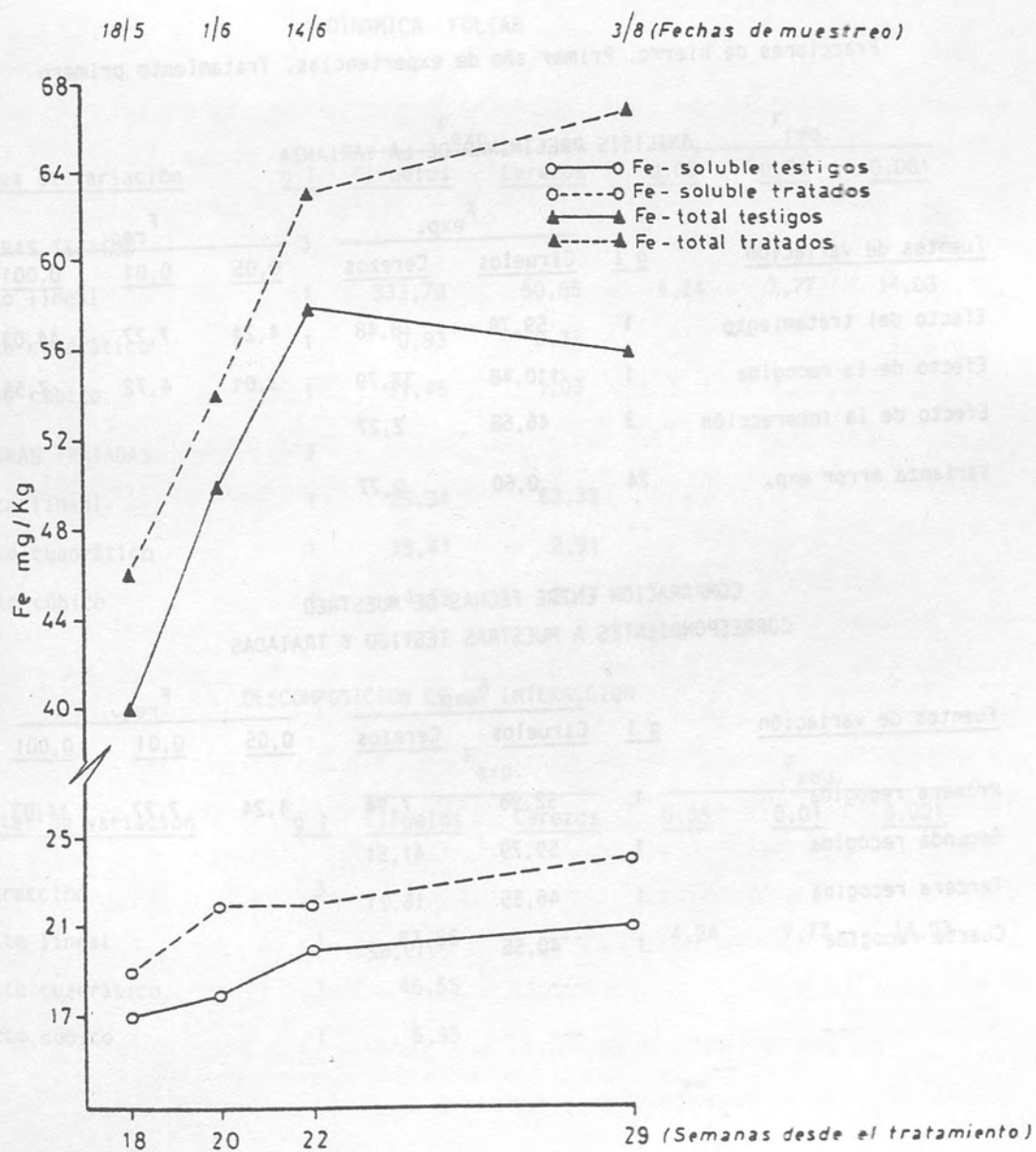
Bajo un punto de vista cualitativo, las diferencias de contenido observadas entre muestras testigo y muestras tratadas guardan -en ambos cultivos- un total paralelismo con lo observado para los contenidos - totales de este bioelemento. Los cambios cualitativos -alteración de la tendencia relativa de contenidos- son, en la fracción soluble, un claro

CIRUELOS - PRIMER AÑO DE EXPERIENCIAS
TRATAMIENTO 1



Gráfica 65

CEREZOS-PRIMER AÑO DE EXPERIENCIAS
TRATAMIENTO 1



Gráfica 66

TABLA CXXX

Fracciones de hierro. Primer año de experiencias. Tratamiento primero

ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento	1	59,79	78,48	4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida	1	110,48	37,79	3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción	3	46,68	2,27			
Varianza error exp.	24	0,60	0,77			

COMPARACION ENTRE FECHAS DE MUESTREO
CORRESPONDIENTES A MUESTRAS TESTIGO Y TRATADAS

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
Primera recogida	1	52,96	7,94	4,24	7,77	14,03
Segunda recogida	1	59,79	41,51			
Tercera recogida	1	46,55	16,21			
Cuarta recogida	1	40,55	19,62			

TABLA CXXXI

Fracciones de hierro. Primer año de experiencias. Tratamiento primero

DINAMICA FOLIAR

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
MUESTRAS TESTIGO	3					
Efecto lineal	1	333,70	50,85	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	0,93	0,32			
Efecto cúbico	1	31,46	1,03			
MUESTRAS TRATADAS	3					
Efecto lineal	1	25,34	62,33			
Efecto cuadrático	1	75,41	2,91			
Efecto cúbico	1	4,65	3,17			

DESCOMPOSICION DE LA INTERACCION

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
Interacción	3					
Efecto lineal	1	87,55	---	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	46,55	---			
Efecto cúbico	1	5,95	---			

exponente de lo acontecido en el hierro total, existiendo, por tanto, a lo largo del tiempo que duró esta experiencia una interrelación entre estos dos parámetros nutritivos que se halla cuantizada en la Tabla CXXXVIII, donde se puede observar que se obtiene una mejor correlación en muestras testigo para ciruelos, que para cerezos, aunque a un mismo nivel de probabilidad. En cualquier caso, subyace la idea de que el tratamiento modifica esta relación.

En la Tabla CXXXI se constata que ambas fracciones, en ambos cultivos, aumentan -de forma global- su contenido con el tiempo, es decir que son susceptibles de ser representadas por ecuaciones lineales, aunque las evoluciones en ciruelos se ajustan mejor a ecuaciones polinómicas de mayor grado, que conservan matices distintos según indican los resultados obtenidos en la descomposición de la interacción.

8.2.2.- Primer año de experiencias. Tratamiento segundo

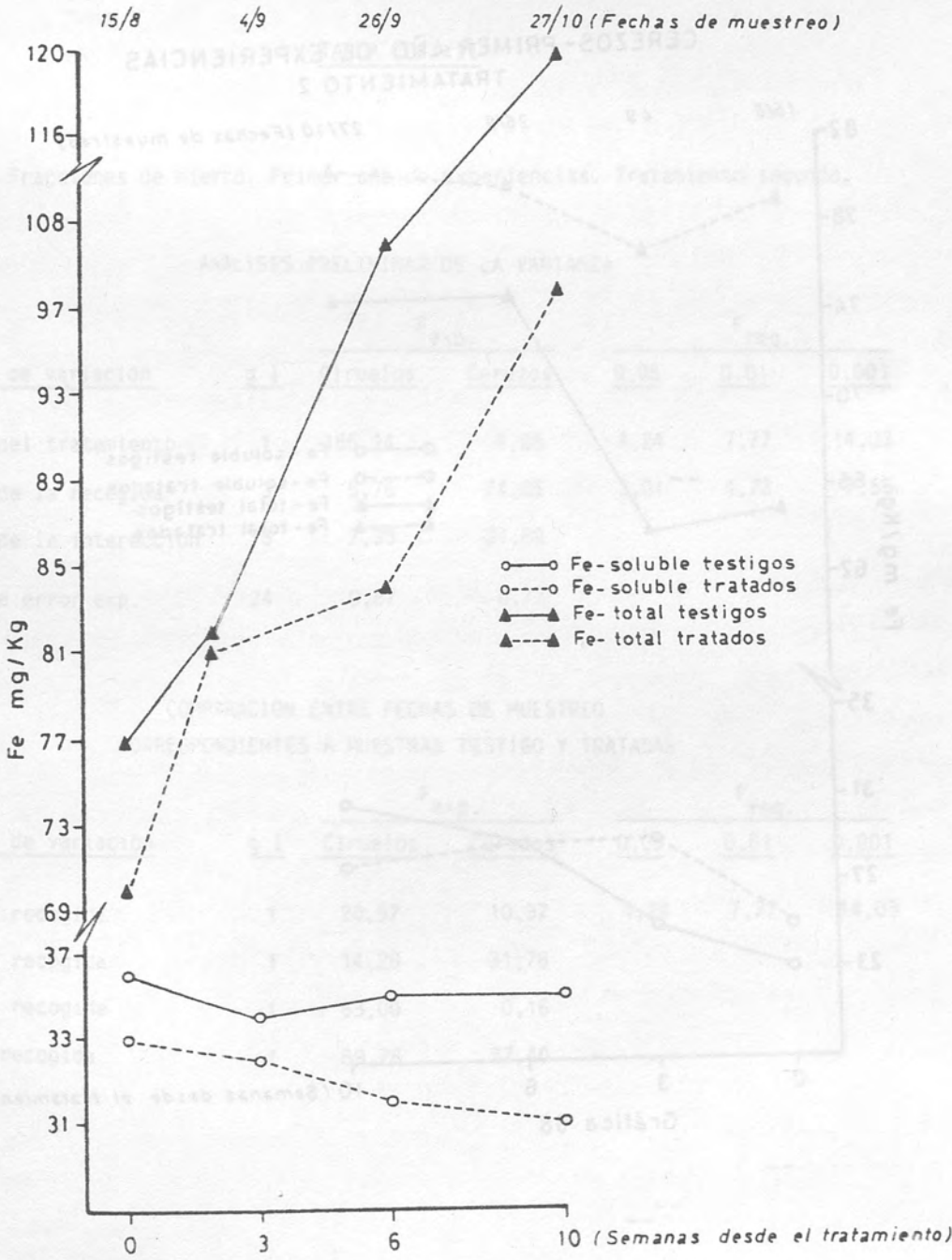
Las Gráficas 67 y 68 y las Tablas CXXXII y CXXXIII, resumen -- las peculiaridades de este tratamiento con respecto a las fracciones de hierro.

La Tabla CXXXII pone de manifiesto que, en contraposición a lo observado en ciruelos, el tratamiento no posee efecto estadístico significativo en cerezos. Sin embargo, tal y como nos ha ocurrido en otras -- ocasiones, el alto valor obtenido para el efecto de la interacción indica que dicho resultado no es exacto si se considera aislado, ya que está motivado porque las fracciones de hierro evolucionan en ambos tipos de muestra con matices antiparalelos. De hecho (Gráfica 68 y Tabla --- CXXXII), el hierro soluble correspondiente a muestras tratadas es superior al contenido de muestras testigo en las dos primeras recogidas, -- igual para la tercera y claramente inferior en la cuarta.

El tratamiento determina, por tanto, la evolución de la fracción estudiada.

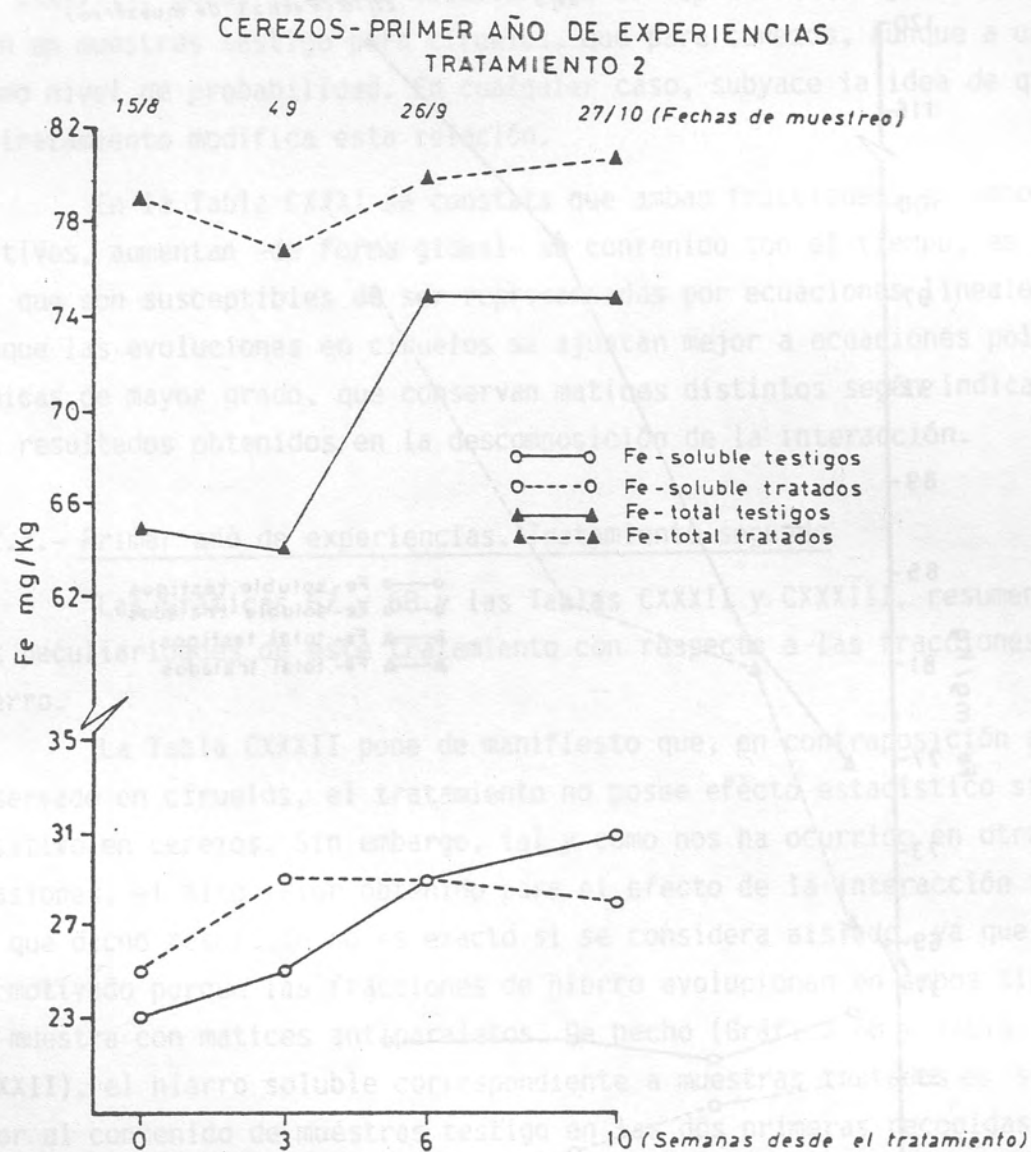
CIRUELOS - PRIMER AÑO DE EXPERIENCIAS

TRATAMIENTO 2



Gráfica 67

de la cantidad de hierro total, existiendo, por tanto, una correlación entre la cantidad de hierro total y la cantidad de hierro soluble. En el presente estudio, la cantidad de hierro total y la cantidad de hierro soluble se midieron en las plantas de cerezo, primer año de experiencias, en el tratamiento con hierro, en las fechas 15/8, 4/9, 26/9 y 27/10 (Fechas de muestreo).



El tratamiento determina, por tanto, la evolución de la fracción soluble de hierro en las plantas de cerezo, primer año de experiencias, en el tratamiento con hierro, en las fechas 15/8, 4/9, 26/9 y 27/10 (Fechas de muestreo).

TABLA CXXXII

Fracciones de hierro. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento	1	165,14	4,05	4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida	3	5,76	74,05	3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción	3	7,33	21,89			
Varianza error exp.	24	0,87	0,77			

COMPARACION ENTRE FECHAS DE MUESTREO
CORRESPONDIENTES A MUESTRAS TESTIGO Y TRATADAS

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
Primera recogida	1	20,57	10,37	4,24	7,77	14,03
Segunda recogida	1	14,28	31,78			
Tercera recogida	1	63,00	0,16			
Cuarta recogida	1	89,28	27,40			

TABLA CXXXIII

Fracciones de hierro. Primer año de experiencias. Tratamiento segundo.

DINAMICA FOLIAR

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
MUESTRAS TESTIGO	3					
Efecto lineal	1	0,01	221,98	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	1,78	0,08			
Efecto cúbico	1	2,41	1,96			
MUESTRAS TRATADAS	3					
Efecto lineal	1	34,30	27,25			
Efecto cuadrático	1	0,07	35,75			
Efecto cúbico	1	0,70	0,79			

DESCOMPOSICION DE LA INTERACCION

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
Interacción						
Efecto lineal	1	17,85	46,83	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	1,28	16,21			
Efecto cúbico	1	2,85	2,62			

En el caso de los ciruelos el hierro soluble aparece disminuido en aquellas muestras que recibieron el tratamiento plaguicida y esta diferencia de contenido se acrecienta en las dos últimas recogidas. -- (Gráfica 67 y Tabla CXXXII).

En la Tabla CXXXIII se puede apreciar que la fracción soluble de hierro no muestra en ciruelos testigos tendencia definida alguna, -- mientras que la tendencia lineal observada en muestras tratadas es, como indica la Gráfica 67, una disminución lineal a lo largo del tiempo. -- Por el contrario, los cerezos parecen continuar acumulando hierro soluble, pero este proceso (Gráfica 68 y Tabla CXXXIII) se encuentra más -- restringido en los árboles que fueron tratados con los productos fitosanitarios. Si observamos las tres últimas recogidas, el contenido de hierro soluble no solamente no aumenta sino que disminuye, lo que evidencia la incidencia negativa ejercida por el tratamiento sobre esta fracción del bioelemento.

Los valores obtenidos en la descomposición de la interacción es tán en perfecta concordancia con los hallados en el estudio de la dinámica foliar y matizan puntualmente donde se encuentra el peso de la interacción.

De otro lado, es interesante resaltar el hecho de que los tratamientos alteran muy nítidamente, en ambos cultivos, las relaciones existentes entre el hierro total y su fracción soluble. Esto se puede dedu--cir, no sólo de las Gráficas correspondientes, sino de la observación de los coeficientes de correlación plasmados en la Tabla CXXXVIII. Mientras que estos cálculos indican que para ciruelos testigos no existe relación alguna, las muestras tratadas presentan una alta correlación negativa que está motivada por el decrecimiento -en sentido evolutivo, es decir, en cualidad- que experimenta la fracción soluble. Por el contrario, los cerezos testigos tienen una correlación positiva altamente significativa y los tratados no poseen ningún tipo de relación a los niveles de signifi-cación estudiados.

Por último, indicar que, en cuanto a las diferencias cualitativas de contenido entre muestras testigo y muestras tratadas al comparar hierro total y su fracción soluble, existe concordancia en ciruelos y no se mantiene la pauta en cerezos (Gráficas 67 y 68). Ocurre justamente lo contrario a lo observado en el tratamiento anterior, pero ahora se puede tener, con mayor claridad, la impresión de que el tratamiento produce o tiende a producir una disminución -respecto a las muestras --testigo- en los niveles de hierro soluble.

8.2.3.- Segundo año de experiencias. Tratamiento primero

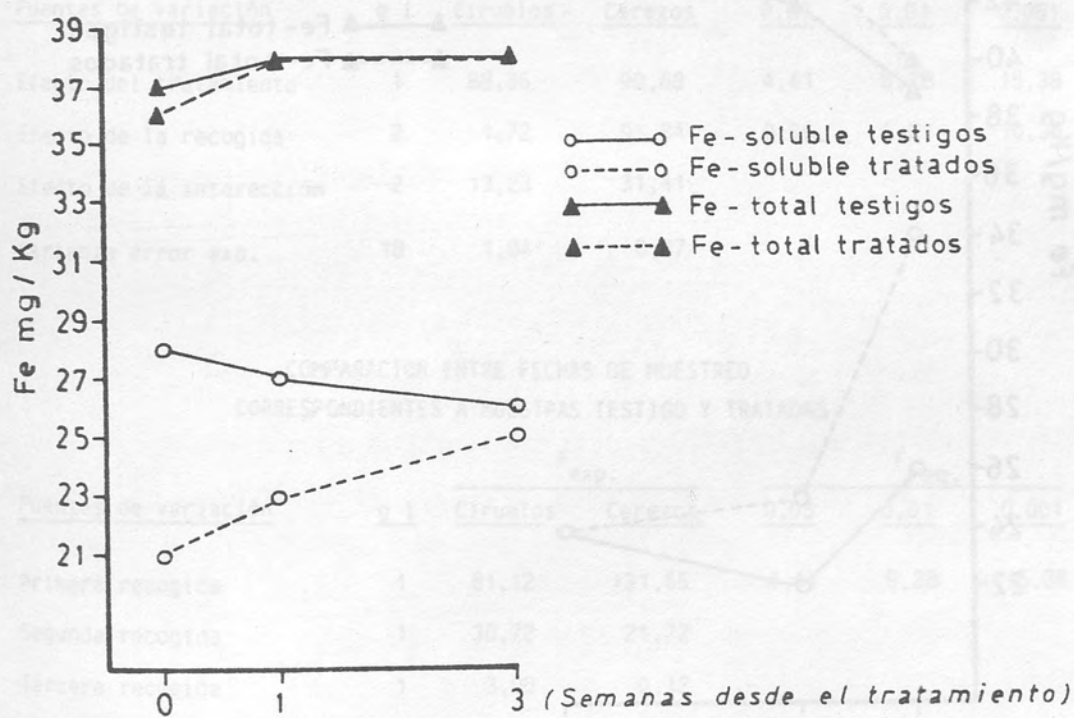
Este tratamiento influye en los dos cultivos estudiados tanto en el contenido de hierro soluble como en la evolución del mismo (Gráficas 69 y 70 y Tablas CXXXIV y CXXXV).

En las Gráficas se puede apreciar que la influencia ejercida en cuanto al contenido es diametralmente opuesta -disminución en ciruelos, incremento en cerezos-, aunque, en ambos casos, las diferencias relativas disminuyen a lo largo del tiempo y desaparecen en la última recogida (Tabla CXXXIV). Esto indica que las modificaciones introducidas por los productos aplicados en la fracción soluble de hierro, tienden a desaparecer y de hecho, así lo hacen a las tres semanas de haber realizado el --tratamiento.

La linealidad de esta fracción es descendente -aunque poco marcadamente- con el tiempo en las muestras testigo de los dos cultivos (Gráficas 69 y 70; Tabla CXXXV). Esto demuestra claramente que a lo largo del mes de mayo de este año no hubo -referido siempre a peso seco- acumulación de hierro soluble. La linealidad -variación lineal promedia temporal- es mucho más acusada (Tabla CXXXV) al considerar las muestras tratadas. -- Sin embargo, como ya ha quedado establecido, en el caso de ciruelos la pendiente es positiva y, negativa en cerezos. En ambos casos existe una tendencia a igualarse con los niveles de las plantas testigo. La dinámica mos

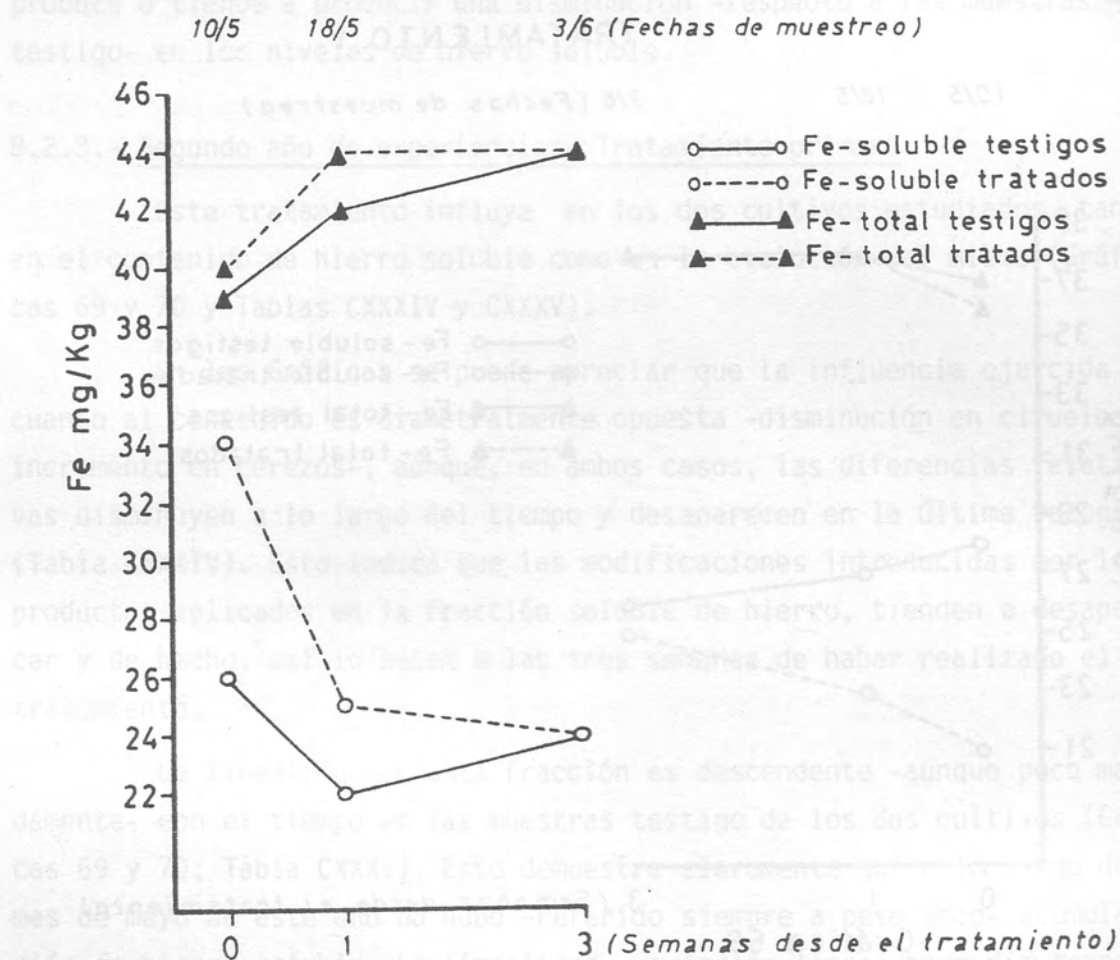
CIRUELOS - SEGUNDO AÑO DE EXPERIENCIAS TRATAMIENTO 1

10/5 18/5 3/6 (Fechas de muestreo)



Gráfica 69

CEREZOS- SEGUNDO AÑO DE EXPERIENCIAS TRATAMIENTO 1



Gráfica 70

trada por cerezos resulta mejor ajustada por ecuaciones de orden cuadrático (Tabla CXXXV), pero el verdadero peso de las interacciones recae en los componentes lineales.

TABLA CXXXIV

Fracciones de hierro. Segundo año de experiencias. Tratamiento primero.

ANÁLISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento	1	88,36	90,68	4,41	8,28	15,38
Efecto de la recogida	2	1,72	91,84	3,55	6,01	10,39
Efecto de la interacción	2	13,23	31,41			
Varianza error exp.	18	1,04	0,97			

COMPARACION ENTRE FECHAS DE MUESTREO
CORRESPONDIENTES A MUESTRAS TESTIGO Y TRATADAS

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
Primera recogida	1	81,12	131,65	4,41	8,28	15,38
Segunda recogida	1	30,72	21,72			
Tercera recogida	1	3,00	0,12			

TABLA CXXXV

Fracciones de hierro. Segundo año de experiencias. Tratamiento primero.

DINAMICA FOLIAR

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
MUESTRAS TESTIGO	2					
Efecto lineal	1	5,88	4,62	4,41	8,28	15,38
Efecto cuadrático	1	0,36	24,68			
MUESTRAS TRATADAS	2					
Efecto lineal	1	23,52	176,01			
Efecto cuadrático	1	0,16	41,18			

DESCOMPOSICION DE LA INTERACCION

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
Interacción	2					
Efecto lineal	1	26,46	61,77	4,41	8,28	15,38
Efecto cuadrático	1	0,02	1,05			

trada por cerezos resulta mejor ajustada por ecuaciones de orden cuadrático (Tabla CXXXV), pero el verdadero peso de las interacciones recae en los componentes lineales.

Las diferencias observadas en la fracción soluble no se reflejan cuantitativamente en los contenidos totales del elemento. A nivel cualitativo existe una cierta correspondencia que resulta mucho más evidente en cerezos. (Gráficas 69 y 70).

El tratamiento es responsable de que la falta de relación existente entre las evoluciones de hierro soluble y hierro total en las muestras testigos de los dos frutales se torne en la existencia de una cierta correlación (Tabla CXXXVIII), positiva para ciruelos y negativa para cerezos, como consecuencia de los efectos contrarios producidos por el tratamiento en ambos cultivos. Existe también la tendencia a igualar los niveles con los de las plantas testigo.

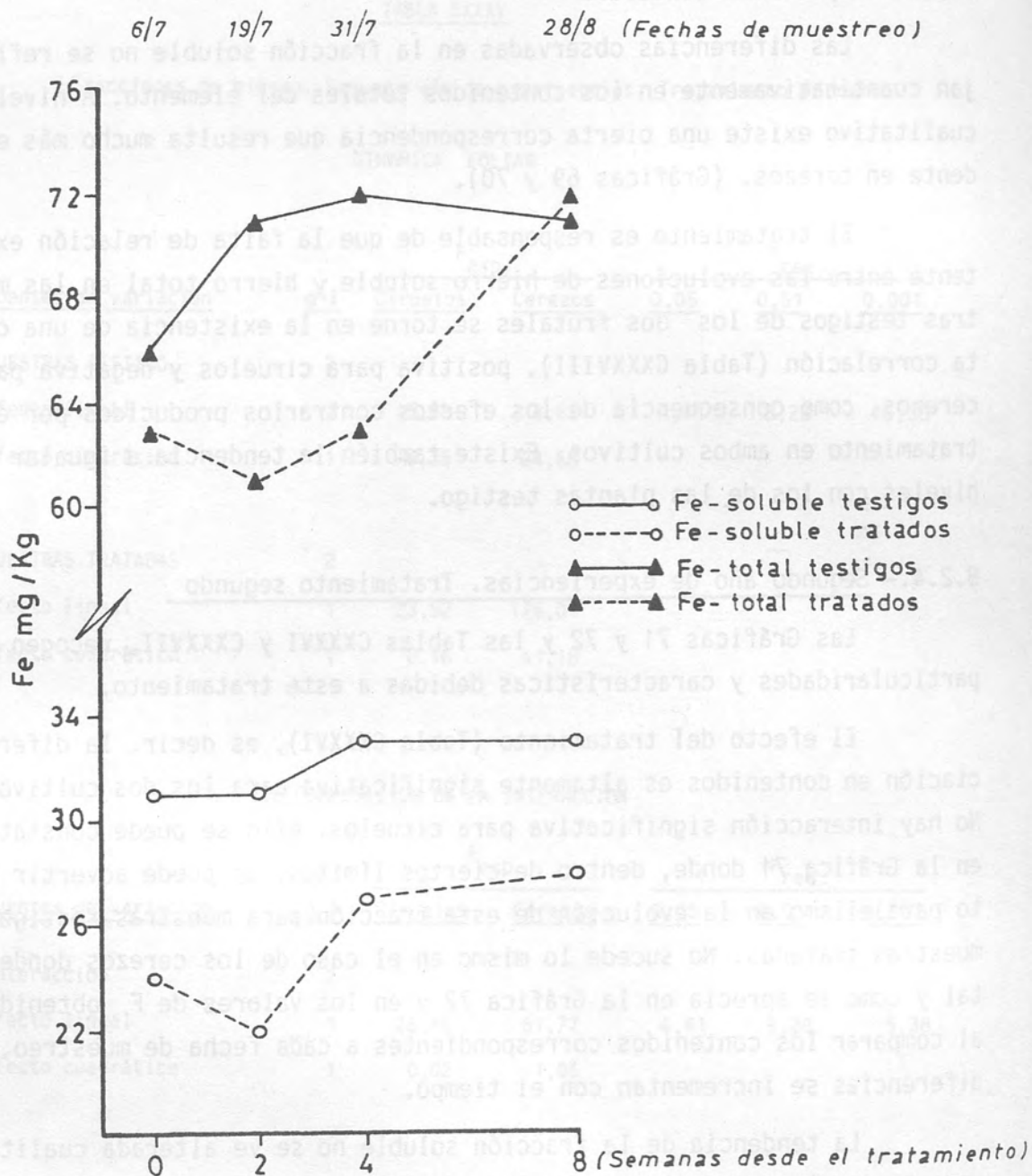
8.2.4.- Segundo año de experiencias. Tratamiento segundo

Las Gráficas 71 y 72 y las Tablas CXXXVI y CXXXVII, recogen las particularidades y características debidas a este tratamiento.

El efecto del tratamiento (Tabla CXXXVI), es decir, la diferenciación en contenidos es altamente significativa para los dos cultivos. No hay interacción significativa para ciruelos; ello se puede constatar en la Gráfica 71 donde, dentro de ciertos límites, se puede advertir cierto paralelismo en la evolución de esta fracción para muestras testigo y muestras tratadas. No sucede lo mismo en el caso de los cerezos donde, tal y como se aprecia en la Gráfica 72 y en los valores de F obtenidos al comparar los contenidos correspondientes a cada fecha de muestreo, las diferencias se incrementan con el tiempo.

La tendencia de la fracción soluble no se ve alterada cualitativamente en ninguno de los dos cultivos, aunque sí se producen cambios cuantitativos en su evolución (Tabla CXXXVII).

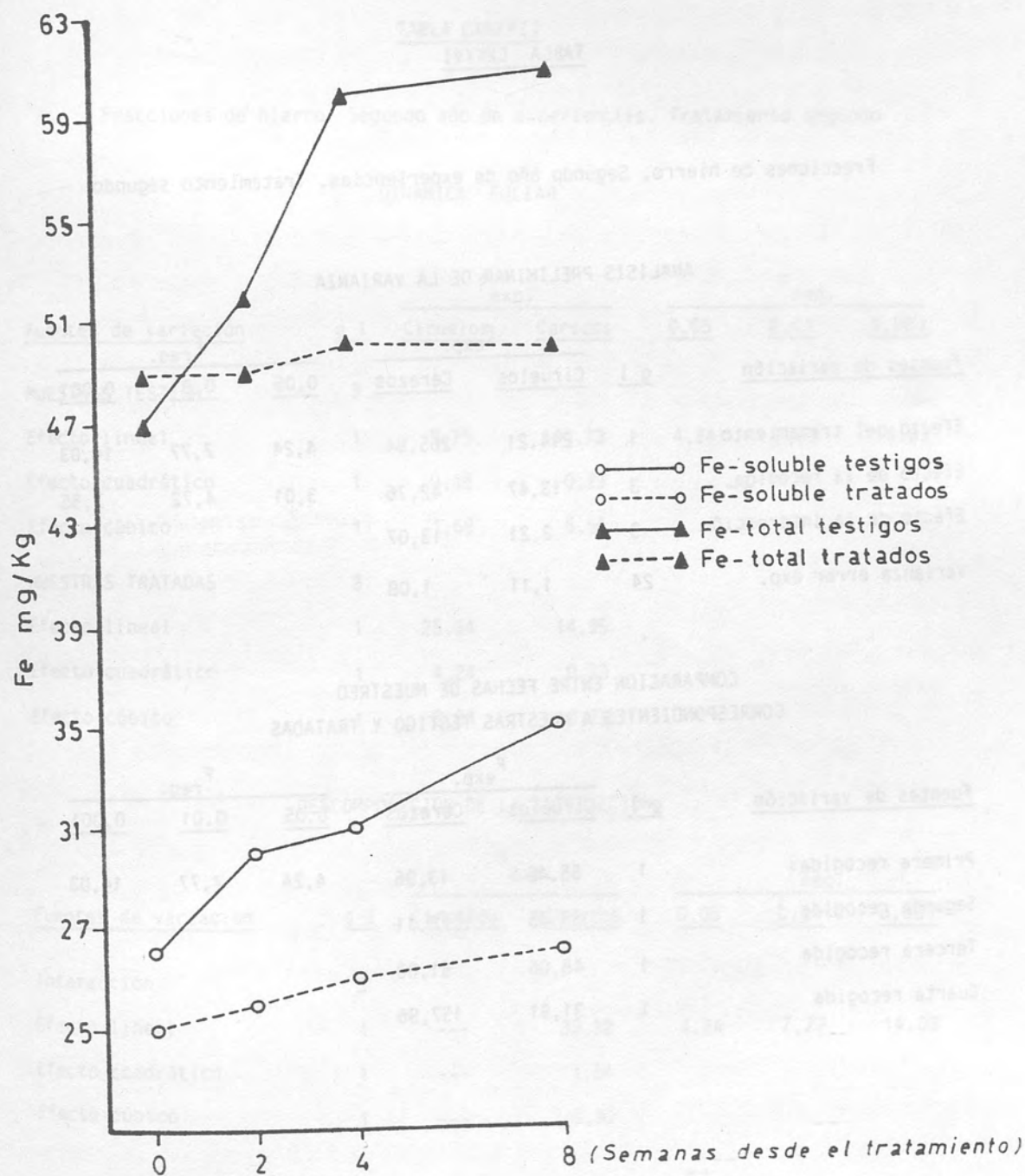
CIRUELOS - SEGUNDO AÑO DE EXPERIENCIAS TRATAMIENTO 2



Gráfica 71

CEREZOS-SEGUNDO AÑO DE EXPERIENCIAS TRATAMIENTO 2

6/7 19/7 31/7 28/8 (Fechas de muestreo)



Gráfica 72

TABLA CXXXVI

Fracciones de hierro. Segundo año de experiencias. Tratamiento segundo

ANALISIS PRELIMINAR DE LA VARIANZA

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
Efecto del tratamiento	1	214,21	265,84	4,24	7,77	14,03
Efecto de la recogida	3	13,47	42,76	3,01	4,72	7,55
Efecto de la interacción	3	2,21	13,07			
Varianza error exp.	24	1,11	1,08			

COMPARACION ENTRE FECHAS DE MUESTREO
CORRESPONDIENTES A MUESTRAS TESTIGO Y TRATADAS

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
Primera recogida	1	55,45	13,96	4,24	7,77	14,03
Segunda recogida	1	85,45	72,11			
Tercera recogida	1	48,06	61,03			
Cuarta recogida	1	31,91	157,96			

TABLA CXXXVII

Fracciones de hierro. Segundo año de experiencias. Tratamiento segundo

DINAMICA FOLIAR

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
MUESTRAS TESTIGO	3					
Efecto lineal	1	9,75	144,73	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	0,18	0,23			
Efecto cúbico	1	1,68	6,54			
MUESTRAS TRATADAS	3					
Efecto lineal	1	25,34	14,95			
Efecto cuadrático	1	4,24	0,23			
Efecto cúbico	1	8,54	0,73			

DESCOMPOSICION DE LA INTERACCION

Fuentes de variación	g l	F _{exp.}		F _{req.}		
		Ciruelos	Cerezos	0,05	0,01	0,001
Interacción	3					
Efecto lineal	1	---	33,32	4,24	7,77	14,03
Efecto cuadrático	1	---	1,84			
Efecto cúbico	1	---	5,90			

Globalmente, se puede decir que las disminuciones detectadas - en la fracción de hierro soluble en ácido clorhídrico 1N guardan una -- cierta analogía con el comportamiento del hierro total. No obstante, no existe identidad cuantitativa en ninguno de los muestreos realizados, - existiendo las mayores discrepancias en el último muestreo correspondiente a ciruelos y en los dos primeros de cerezos.

Por último, indicar que mientras que el tratamiento no afecta prácticamente la correlación existente entre los contenidos de hierro - total e hierro soluble en ciruelos tratados y testigos -cabe recordar - la falta de significación encontrada para la fracción soluble entre los dos tipos de muestras-, sí que lo hace en cerezos, donde las muestras - tratadas han perdido la correlación entre los dos tipos de hierro que - mostraban los testigos (Tabla CXXXVIII). Ello indica que la alteración del hierro soluble no se ve cuantitativamente reflejada en el contenido total de hierro y, por tanto, también resulta alterado el contenido de hierro no soluble.

8.2.5.- Compendio de los resultados obtenidos y significación fisiológica de los mismos.

Los efectos observados, imputables a los tratamientos realiza-- dos pueden quedar resumidos de la siguiente forma:

- El primer tratamiento realizado en el primer año de experien-- cias produce un aumento en el contenido de hierro soluble de los cerezos, que persiste a lo largo de todo el periodo de tiempo estudiado. No existen diferencias significativas en el grado de correlación entre hierro - total y su fracción soluble en ambos tipos de muestras.

Los ciruelos tratados muestran un incremento en la fracción de hierro estudiada que se mantiene cuantitativamente idéntica a lo largo - de las tres primeras recogidas invirtiéndose los términos en la cuarta y última fecha de muestreo. Las muestras tratadas siguen mostrando correlaci

TABLA CXXXVIII

Coeficientes de correlación lineal entre hierro soluble e hierro total

PRIMER AÑO DE EXPERIENCIAS

Tratamiento	Ciruelos		Cerezos	
	Testigo	Tratadas	Testigo	Tratadas
1	0,94***	0,58*	0,82***	0,90***
2	0,22	-0,75***	0,86***	0,16

SEGUNDO AÑO DE EXPERIENCIAS

Tratamiento	Ciruelos		Cerezos	
	Testigo	Tratadas	Testigo	Tratadas
1	0,42	0,70*	-0,40	-0,76**
2	0,78***	0,76***	0,88***	0,47

* significativo para $P < 0,05$ ** significativo para $P < 0,01$ *** significativo para $P < 0,001$

cción estadística entre hierro total y fracción soluble, pero ello sucede para niveles de inferior probabilidad estadística.

- El segundo tratamiento del primer año de experiencias da lugar, en ciruelos, a una disminución en el contenido del hierro soluble, la cual parece incrementarse con el tiempo. Las tendencias evolutivas - resultan cualitativamente alteradas. El contenido total de hierro resulta ser inferior también para muestras tratadas, en cada uno de los mue
stros realizados.

La fracción soluble resulta ser superior en el cultivo de ce
rezos durante las dos primeras recogidas. A partir de aquí, se produce una disminución en tales diferencias, de forma que, prácticamente, no - existen en la tercera recogida y resultan invertidas en la cuarta. El - contenido total de hierro no refleja estos hechos. La correlación entre ambos parámetros desaparece como consecuencia del tratamiento.

- El primer tratamiento del segundo año de experiencias provoca efectos justamente contrarios en ambos cultivos: disminución en ci--
ruelos y aumento en ce
rezos. En ambos casos, las diferencias respecto - de los testigos desaparecen en la tercera recogida. En ninguno de los - dos cultivos -al menos, en lo que a significación estadística se refie-
re- los contenidos de hierro total reflejan los cambios descritos. Las correlaciones entre los dos tipos de hierro resultan alteradas por el -
tratamiento.

- El segundo tratamiento, realizado el segundo año de experien
cias, produce, en ambos cultivos, una clara disminución del contenido - de hierro soluble. Estas diferencias se acrecientan con el tiempo en --
los ce
rezos. Los contenidos globales no reflejan fielmente las variacio
nes observadas para la fracción soluble. Las correlaciones existentes - entre ambos parámetros se mantienen en los ciruelos tratados, pero desa
parecen en los ce
rezos.

8.2.6.- Interpretación de los valores hallados para la fracción de hierro soluble.

Basados en las observaciones realizadas por LLORENTE y col. -- (1973) acerca de la efectividad del parámetro hierro soluble como un indicador apropiado para controlar la actividad metabólica del hierro y a la vista de lo que antecede, se puede deducir:

a) Que el tratamiento invernal con polisulfuro de bario, (1211) (primero de los realizados en el primer año de experiencias) parece --- ejercer -debido al incremento experimentado por la fracción soluble- un efecto positivo sobre el metabolismo del hierro, mostrándose en los cerezos de una forma más clara, homogénea y persistente. El contenido de hierro total refleja los cambios producidos en la fracción soluble.

b) Que el tratamiento constituido por la aplicación conjunta - "Fitonil 80 Forte" (zineb, 3215) + "Irokar" (dinocap, 2912) + "Ultracid 40E" (metidadión, 1454) (segundo y último de los realizados en el primer año de experiencias) afecta negativamente al metabolismo del hierro en ciruelos, ya que disminuye progresivamente la fracción soluble a lo largo del tiempo. En cerezos produce una tendencia de disminución que - empieza a ser efectiva a partir de la segunda recogida -a las tres semanas de haber realizado el tratamiento- En conjunto, parecen ser los --- ciruelos el cultivo más afectado. El contenido total de hierro no refleja las diferencias relativas de contenido entre muestras testigo y tratadas halladas en el fracción soluble.

c) Que el tratamiento constituido por "Cronetón 50 LE" (etiofen-carb, 1623) + "Irokar" (dinocap, 2912) + "Pomarsol Z forte" (ziram, 3225) (primero de los realizados en el segundo año de experiencias) afecta negativamente al metabolismo del hierro en ciruelos y positivamente en cerezos. En cualquier caso, estos efectos han desaparecido a las tres semanas de haber aplicado los productos, tiempo coincidente con lo observado

en cerezos en el tratamiento anterior. El contenido total de hierro no refleja estadísticamente lo ocurrido con la fracción soluble.

d) Que después de haber realizado la aplicación conjunta de los productos "Pomarsol Z Forte" (ziram, 3225) y "Dimetoato 40" (dime-toato, 1553) -segundo tratamiento del segundo año de experiencias- se aprecia un importante detrimento en el metabolismo de hierro en los dos cultivos estudiados. El contenido de hierro total guarda una cierta relación con lo que sucede en la fracción soluble.

e) Que la fracción soluble recoge cambios que no son acusados por el contenido total del elemento.

Al comparar estos resultados con los obtenidos en el capítulo anterior, a través de los indicadores inorgánicos elegidos para dictaminar el estado nutritivo de los cultivos respecto del hierro, se llega a las conclusiones siguientes:

- De un lado, se da una perfecta concordancia en que la aplicación de los segundos tratamientos realizados en cada año de experiencias, así como el primero del segundo año, pero únicamente en el caso de los ciruelos, afectan negativamente el estado metabólico del hierro.

- Por otra parte, parecen encontrarse, en el resto de los tratamientos efectuados, interpretaciones opuestas al utilizar ambas vías de diagnóstico, semejando realizar un efecto beneficioso al obtener fracciones de hierro soluble superiores en muestras tratadas, y el efecto contrario cuando nos basamos en los valores hallados para los indicadores utilizados, aunque la respuesta dada por los ciruelos al tratamiento con polisulfuro de bario (1211) no queda totalmente clara (Gráfica 57).

Respecto a este último punto hay algunas consideraciones a realizar que son dignas de tener en cuenta.

Si nos referimos al primer tratamiento realizado el primer año de experiencias -el correspondiente al polisulfuro de bario (1211)- se

puede observar en la Tabla LXXXII que el valor obtenido en ciruelos para la razón P/Fe no sólo no sufre incremento alguno, sino que su valor promedio es un 3,6% inferior en muestras tratadas. Si se compara el valor obtenido para la razón K/Ca -la de mayor éxito en el diagnóstico in directo de la deficiencia real y funcional de hierro (MEHROTRA y col., 1976) y, además, la que gobierna el balance metabólico de ácidos tricarboxílicos/ácidos dicarboxílicos (DEKOCK, 1964) - con cualquiera de los obtenidos en este cultivo con el resto de los tratamientos (Tablas --- LXXXIII, LXXXIV y LXXXV) se constatará que el menor incremento corresponde al tratamiento con polisulfuro de bario (1211). Esto mismo sucede con los cerezos en aquellos tratamientos -primeros de cada año- donde surgen las discrepancias interpretativas. Ello, aunque no supone un consenso en tre ambas formas de interpretación, sí supone, al menos, un relativo --- acercamiento entre ambas posturas.

Con relación a esto es también interesante destacar el hecho, - sobre el que volveremos posteriormente, de que, tal y como se puede apreciar en las Gráficas 7 y 8, 18 y 19 y 40, 41 los menores incrementos de la razón K/Ca experimentados por las muestras tratadas, no están originadados porque se produzcan menores aumentos en las concentraciones foliares de K, sino porque, concomitante con éste, se producen incrementos de Ca. Este hecho guarda una estrecha relación con el papel sinérgico que juega el Fe en la absorción y acumulación foliar del Ca (DEKOCK y col., 1960; CARPENA y col., 1972b, 1978) y explica por sí sólo, sin necesidad de recurrir a la composición de los productos plaguicidas el incremento de calcio observado en muestras tratadas después de determinados tratamientos.

Consideramos importante, sin embargo, y quizás resolutorio, el apelar a la composición de los productos constitutivos de los tratamientos para explicar los incrementos observados en hierro soluble. Es bas--- tante sintomático que únicamente sean las muestras que recibieron aquellos tratamientos en los que los plaguicidas utilizados pueden suponer -

un considerable aporte de hierro (Tablas XXIV, XXXIX y LX) las que poseen mayores contenidos de hierro soluble.

Cabe recordar aquí lo manifestado en la discusión correspondiente a los efectos observados tras la aplicación del polisulfuro de bario, (1211). BOYNTON (1954) recopiló algunos de los inconvenientes mostrados por la aplicación foliar de sales inorgánicas de hierro, como forma de luchar contra la clorosis férrica, y algunas de las ventajas derivadas de la utilización de los quelatos orgánicos de este metal, cuyas características y ventajas fueron tratadas más ampliamente por WALLACE y col. (1966, 1971). Uno de los principales inconvenientes que fueron imputados a la aplicación foliar de sales inorgánicas de hierro fué su relativa toxicidad a partir de ciertas concentraciones -las combinaciones orgánicas aplicadas por vía foliar mostraban menos toxicidad pero unos resultados inferiores- y la nula o escasa translocación del hierro absorbido por muchas especies vegetales. Asimismo, citamos los trabajos recogidos por WITTWER y TEUBNER (1959) que habían evidenciado la absorción de hierro a través del tronco y de las ramas de árboles frutales. En nuestro caso, no conocemos la forma química en que ha sido aplicado el hierro, sólo su concentración, la cual es baja, pero suficiente como para producir los incrementos detectados.

El hierro es un elemento que, respecto a su translocación en la planta, ha sido considerado como inmóvil o muy poco móvil. De hecho, algunos trabajos, relativamente recientes (AGUI y RECALDE, 1978), así lo confirman para la aplicación foliar de complejos arcilla-Fe.

Sin embargo, los trabajos de BRANTON y JACOBSON (1962) y BRONN y col. (1965) demostraron que era moderadamente móvil, y EDDINGS y BROWN (1967) comprobaron que son los estomas los que juegan el papel principal en la absorción foliar del mismo, siendo ésta favorecida cuando su aplicación va acompañada con productos mojantes-clásicos acompañantes de la materia activa de los plaguicidas-, existiendo una cierta redistribución

del mismo que varía con la especie. Estas características de variabilidad en el proceso de absorción foliar fueron invocadas en la discusión realizada en el capítulo 6 refiriéndonos a las variaciones observadas tras la aplicación del primer tratamiento en el segundo año de experiencias. Junto a ellas, ha sido también ampliamente citada la importancia que haya podido tener en la cuantificación del fenómeno -en relación a las diferencias observadas entre ciruelos y cerezos como respuesta a un determinado tratamiento- el considerable menor porte de los cerezos. La suma de estos dos factores creemos que puede constituir un porcentaje -elevado de las causas que hayan determinado tales diferencias.

Por último, recordar que DONEY y col. (1960) demostraron que algunas características del medio de cultivo -entre ellas, un aumento en el valor del pH- provocan una mayor translocación o salida de este elemento en las hojas tratadas con Fe, en suma un menor contenido foliar; -sería interesante comprobar, a este respecto, si las disminuciones de N foliar, mostradas por los ciruelos tratados no tienen alguna relación -- con una cierta estabilización observada en la caída de los niveles de -- hierro soluble. Este hecho podría estar en consonancia con la suposición que hicimos acerca de que puede tratarse de una menor absorción radicular de NO_3^- que de acuerdo con CHEN y BARAK (1982) produciría acidificación rizosférica, representando en suma, un mecanismo de defensa contra una -deficiencia de hierro.

Según lo que antecede, se podría concluir que, de acuerdo con -- los resultados obtenidos en el análisis de la fracción de hierro soluble en ClH 1N, parece evidente que los tratamientos plaguicidas realizados - producen alteraciones nutritivas que, en general, recuerdan a las producidas por la clorosis inducida por suelos calizos. Que la no identidad observada en algunos casos entre los indicadores inorgánicos utilizados y - la fracción de hierro analizada parece radicar en el aporte de hierro que supone la aplicación de determinados productos plaguicidas utilizados, -- aporte que, a su vez, puede justificar la elevación concomitante de calcio. Que es probable que uno de los primeros efectos pro-

ducidos, tras la aplicación de los plaguicidas, sea la elevación en la concentración foliar de K y que ésta sea la causa o, al menos, una de las causas principales que, motivada o relacionada con la disminución del contenido de hierro o de su funcionalidad, origine las disminuciones de Ca y Mg observadas. Que la aplicación de pequeñas cantidades de hierro, por parte de los productos utilizados parecen ser beneficiosos para el estado nutritivo de dichos cultivos, de acuerdo con los valores hallados para los distintos parámetros indicadores utilizados.

Es interesante recordar el precedente de YUKIMOTO e ISHITANI --- (1981), quienes han observado que algunos tratamientos con insecticidas órganofosforados -entre ellos el dimetoato, (1553)- elevan el contenido de N en hojas de soja y, junto con esto, se han producido síntomas de --clorosis y quemaduras en los bordes de las mismas. Esto guarda una estrecha relación con lo que observamos -sobre todo en cerezos- tras el segun--do tratamiento realizado el segundo año de experiencias, del que formó --parte constitutiva el insecticida dimetoato, (1553).

Por guardar una estrecha relación con nuestras observaciones, citaremos -sólo de pasada- aquellos trabajos conocidos por nosotros que han encontrado alguna relación -directa o indirecta- entre el metabolismo del Fe y la acción de ciertos plaguicidas no utilizados en nuestras experiencias: los herbicidas.

GREIG y ASIF (1971) comprobaron que la atracina (5611) reduce considerablemente el contenido de Fe en algunas variedades de maíz. DIXIT y KISHORE (1969) hallaron que la aplicación de 2,4 -D (5211) y altos niveles de N originaba clorosis en plantas de soja. ROBINSON y LORD (1970) --han descrito la aparición de clorosis en manzanos de la variedad "Mcintosh" como consecuencia de la adición de simazina (5612) al suelo.

El aminotriazol (5781) es un herbicida que origina una clorosis --característica AARONSON (1960) y SUND (1956) sugirieron que esta sustancia podría actuar como un agente quelante del hierro, aunque MENORET ---

(1957) no encontró que la adición de este metal redujese su toxicidad - en plantas de tomate. DEKOCK y col. (1966) han comprobado que las plantas tratadas con este producto incrementándose las razones K/Ca, P/Fe, y -- ácido cítrico/ácido málico, síntomas característicos de los tejidos deficientes en Fe, pero no mostraban alterada la actividad aconitasa, aun que tenían deprimida la actividad de la isocítrico deshidrogenasa.

Posteriormente, DEKOCK e INNES (1970) comprobaron que la aplicación de este herbicida a plantas del género "Lemna" desarrollaba síntomas visuales de clorosis, las cuales disminuían cuando se realizaba una aplicación simultánea de Fe.

Recientemente, UDOD y NELSON (1983) han descrito que la trifluralina (5515) induce clorosis férrica en cultivares de soja crecidos en suelos calcáreos.

8.2.7.- Posible implicación de otros micronutrientes en las alteraciones nutritivas observadas.

A lo largo de este estudio hemos hecho hincapié en la similitud existente entre las alteraciones nutritivas observadas por nosotros, tras la aplicación de diversos tratamientos plaguicidas en árboles frutales y fundamentalmente, la ocasionada por el fenómeno denominado "clorosis inducida por suelos calizos", llegando a la conclusión de que tales distorsiones nutritivas pueden tener un punto común: el deterioro del metabolismo del Fe.

Sin embargo, los estudios realizados por PEÑA (1975) pusieron de manifiesto que la deficiencia de Mn y de Zn también producían disminución en el contenido total de Ca, afectando como en el caso de la deficiencia inducida de hierro, a las fracciones soluble y orgánica insoluble, aunque en menor proporción que lo hacía el Fe. CARPENA y col. (1976b) han comprobado que la deficiencia de estos micronutrientes distorsionan las concentraciones foliares de los macronutrientes en el mismo sentido que lo ha-

ce la deficiencia de Fe. La aplicación de los indicadores inorgánicos -- que nosotros hemos utilizado, a los datos obtenidos por los investigadores citados anteriormente en plantas deficientes en Mn, muestran idénticas variaciones. Por ello, vamos a discutir brevemente la posible incidencia que una deficiencia inducida -real o funcional- de estos elementos pueda haber ejercido en los resultados obtenidos.

Las Gráficas 14, 25, 36 y 47 muestran claramente que todos los tratamientos han supuesto un incremento en el contenido de Zn, dejando de tener carácter significativo únicamente en ciruelos tratados con polisulfuro de bario, (1211). El contenido de este micronutriente detectado en los productos plaguicidas, justifica completamente las concentraciones foliares observadas.

Los ciruelos y cerezos tratados con polisulfuro de bario (1211) mejoran su contenido en Zn y, después de realizar los otros tratamientos, lo contienen en exceso. No parece, por tanto, excesivamente lógico imputar a deficiencia de este oligoelemento las distorsiones nutritivas observadas, las cuales, en todo caso y al menos en tres de los cuatro tratamientos realizados, podrían estar, más bien, próximos a un exceso que a un defecto del mismo.

Ya hemos mencionado en los capítulos precedentes que no es probable que todo el Zn detectado en las muestras tratadas se encuentre en el interior de la célula, pues, en ese caso, cabía esperar síntomas visuales de toxicidad.

En los capítulos quinto y sexto de la discusión hemos tratado ampliamente las comunicaciones que han abordado los efectos producidos -- por la aplicación de fungicidas ditiocarbámicos a diversos cultivos, obteniendo en su conjunto, una serie de resultados contradictorios.

Solamente JORGOVIC-KREMZER (1976) da cuenta de una elevación en los contenidos de Fe después de un tratamiento a base de un ditiocarbama-

to de Zn, lo que, a nuestro juicio -como ya quedó indicado-, podría deberse a una contaminación introducida por el producto comercial utilizado.

De acuerdo con los antecedentes bibliográficos, Zn-Fe constituyen una pareja de nutrientes antagónicos (ROMERO-MONREAL, 1981; GIORDANO y MORTVEDT 1980; OLSEN, 1972). WATANABE (1965) comprobó que cuando el valor de la razón Fe/Zn, obtenida a partir de las concentraciones foliares de dichos nutrientes en plantas de maíz, se hacía inferior a 1,5 se producía una disminución de la cosecha y podían aparecer síntomas de deficiencia en Fe.

En nuestro caso está claro que en aquellos tratamientos cuya materia activa lleva Zn en su molécula, esta razón adopta valores muy inferiores a los señalados. Sin embargo, la sintomatología visual se reduce a lo reseñado para el segundo tratamiento del último año de experiencias y por otra parte, tampoco se aprecia -visualmente- reducción de cosecha.

Podría suceder, no obstante, que fuese un exceso de Zn y, no un defecto el que, antagonizando el efecto del Fe, contribuyese a establecer las distorsiones nutritivas experimentadas, aunque no es lógico que esto ocurra en el tratamiento con polisulfuro de bario, ya que los incrementos de Zn observados después de dicho tratamiento son muy reducidos. Si a este hecho le unimos el mayor contenido de Fe soluble de los cerezos después de recibir el primer tratamiento del segundo año de experiencias (Gráfica 70), además de nuestras reservas acerca de la localización o verdadera absorción del Zn, se podría concluir diciendo que resulta bastante improbable que sea el alto contenido en este elemento el que ocasiona, por sí mismo, los cambios nutritivos observados.

Las variaciones que el contenido total de Mn experimentó en las muestras tratadas quedó recogido en las Gráficas 12, 23, 34 y 45. En general, de acuerdo con lo reseñado en el estudio realizado acerca del estado nutritivo de los cultivos aplicando el criterio de la zona -

óptima, se puede concretar que, mientras los cerezos testigos presentan un contenido aceptable en Mn, los ciruelos lo tienen por debajo del límite inferior de dicha zona.

Solamente los primeros tratamientos realizados en cada uno de los dos años de experiencias, y únicamente en ciruelos para el primero de los dos años y en cerezos para el segundo, provocaron un incremento en la concentración foliar de este elemento. El resto de los tratamientos realizados lo disminuyeron y, en algunos casos (Gráfica 34), muy -- marcadamente. Por otra parte, ninguno de los tratamientos introduce este elemento en cantidad suficiente como para esperar un incremento del mismo.

CARPENA y col. (1976, 1976b) han comprobado en cítricos con deficiencia inducida de manganeso que, mientras que los contenidos de hierro total no manifiestan dichas alteraciones, la fracción soluble en -- ClH 1N tiene tendencia a elevarse a medida que se intensifica la deficiencia inducida de manganeso, siendo ésta la explicación que dichos -- autores otorgan al incremento de la actividad peroxidasa descrita por -- BAR-AKIVA y LAVON (1967) para cítricos deficientes en Mn.

Basados en la determinación de actividades enzimáticas y en los valores del cociente Fe soluble/Fe total, CARPENA y col. (1976b) han encontrado que este parámetro permite discernir entre las deficiencias minerales de Fe y Mn, mostrando las plantas deficientes en Fe valores inferiores a los de las plantas normales y las deficientes valores superiores en Mn.

Sin otro antecedente que el acabado de mencionar, hemos acometido el cálculo del cociente Fe soluble/Fe total --llamado "coeficiente de actividad del hierro" por CARPENA y col. (1976b)-- como un posible medio a nuestro alcance de discernir entre las deficiencias de estos oligoelementos. Para ello, en la Tabla CXXXIX, por una parte, presentamos los resultados medios correspondientes a cada una de las fechas de muestreo; -- por otra, en las Tablas CXL y CXLI, los valores hallados para F en el --

TABLA CXXXIX

Coeficientes de actividad del hierro

PRIMER AÑO DE EXPERIENCIAS

Tratamiento	Recogida	Ciruelos		Cerezos	
		Testigos	Tratadas	Testigos	Tratadas
1	1ª	0,72	0,73	0,42	0,40
	2ª	0,66	0,70	0,35	0,40
	3ª	0,50	0,56	0,34	0,35
	4ª	0,48	0,51	0,38	0,35
2	1ª	0,46	0,47	0,35	0,32
	2ª	0,42	0,39	0,40	0,39
	3ª	0,35	0,36	0,39	0,37
	4ª	0,30	0,30	0,42	0,35

SEGUNDO AÑO DE EXPERIENCIAS

1	1ª	0,74	0,59	0,66	0,85
	2ª	0,71	0,62	0,52	0,58
	3ª	0,68	0,65	0,55	0,55
2	1ª	0,48	0,38	0,55	0,47
	2ª	0,44	0,37	0,58	0,48
	3ª	0,47	0,42	0,52	0,50
	4ª	0,47	0,39	0,57	0,51

TABLA CXL

Valores de F encontrados en el análisis de la varianza al comparar los coeficientes de actividad del Fe entre muestras testigo y tratadas.

PRIMER AÑO DE EXPERIENCIAS

 $F_{\text{exp.}}$

Fuente de variación	Ciruelos		Cerezos	
	Tratam. nº 1	Tratam. nº 2	Tratam. nº 1	Tratam. nº 2
Efecto del tratamiento	45,55***	0,23	0,63	70,34***
Efecto de la recogida	519,36***	123,03***	27,78***	42,37***
Efecto de la interacción	3,34	1,31	11,44**	11,24**
Varianza del error	$1,92 \cdot 10^{-4}$	$3,38 \cdot 10^{-4}$	$2,42 \cdot 10^{-4}$	$1,34 \cdot 10^{-4}$

SEGUNDO AÑO DE EXPERIENCIAS

 $F_{\text{exp.}}$

Fuentes de variación	Ciruelos		Cerezos	
	Tratam. nº 1	Tratam. nº 2	Tratam. nº 1	Tratam. nº 2
Efecto del tratamiento	92,13***	210,24***	60,72***	78,82***
Efecto de la recogida	<0,01	11,87**	158,91***	4,01
Efecto de la interacción	14,30**	4,04	25,28***	5,58*
Varianza del error	$5,47 \cdot 10^{-4}$	$2,00 \cdot 10^{-4}$	$7,13 \cdot 10^{-4}$	$3,88 \cdot 10^{-5}$

*Significativo al 0,05

**Significativo al 0,01

***Significativo al 0,001

TABLA CXLI

Comparación entre coeficientes de actividad del hierro para cada una de las fechas de muestreo

PRIMER AÑO DE EXPERIENCIAS

 $F_{exp.}$

Fuentes de variación	Ciruelos		Cerezos	
	Tratam. nº 1	Tratam. nº 2	Tratam. nº 1	Tratam. nº 2
Primera recogida	1,03	0,33	4,17	15,72***
Segunda recogida	16,60***	3,69	22,71***	0,83
Tercera recogida	28,60***	0,14	1,85	9,30**
Cuarta recogida	9,34**	< 0,01	6,23*	78,23***

SEGUNDO AÑO DE EXPERIENCIAS

 $F_{exp.}$

Fuentes de variación	Ciruelos		Cerezos	
	Tratam. nº 1	Tratam. nº 2	Tratam. nº 1	Tratam. nº 2
Primera recogida	84,99***	85,56***	101,13***	32,94***
Segunda recogida	32,98***	52,56***	10,08**	44,04***
Tercera recogida	2,76	20,24***	0,07	1,57
Cuarta recogida	---	63,99***	---	17,01***

* Significativo al 0,05

** Significativo al 0,01

*** Significativo al 0,001

análisis de la varianza y los encontrados al comparar las distintas fechas de muestreo, respectivamente.

De la observación de estas Tablas y siguiendo la pauta interpretativa diseñada por CARPENA y col. (1976b) se puede deducir:

a) En el primer año de experiencias, los ciruelos que recibieron el tratamiento invernal con polisulfuro de bario (1211) -primero de los dos realizados- presentan unos coeficientes de actividad del hierro superiores a los de sus correspondientes testigos, lo que apunta hacia una deficiencia funcional de manganeso, a pesar del incremento experimentado en este elemento por las muestras tratadas (Gráfica 12). El efecto producido por este producto en los cerezos no queda claro. Aunque el efecto del tratamiento no es significativo (Tabla CXL), sí lo es la interacción, lo que indica la existencia de una compensación de efectos que enmascara el efecto global del tratamiento. En la Tabla CXLI se aprecia que las diferencias se producen a nivel de la segunda y de la cuarta recogida, pero ambos son de sentido contrario (Tabla CXXXIX).

b) El segundo tratamiento realizado en este primer año de experiencias no altera el coeficiente de actividad del hierro en los ciruelos mientras que lo rebaja sensiblemente en cerezos, por lo que este cultivo vería afectado negativamente su metabolismo del Fe.

c) En el segundo año de experiencias, los cerezos son los árboles que, una vez realizado el primer tratamiento, debido al incremento que experimenta el Fe soluble, presentarían deficiencia funcional de Mn. En todos los demás casos, es el metabolismo del hierro el que resultaría afectado negativamente. McGEORGE (1949) comprobó que, en plantas dicotiledóneas, una disminución del porcentaje de hierro activo iba acompañado por un incremento de ácido cítrico, característico de la clorosis inducida por suelos calizos.

Se observa, en general, una buena concordancia entre esta interpretación y la obtenida analizando la fracción soluble de hierro. La única diferencia parece encontrarse en los ciruelos después de recibir el -segundo tratamiento del primer año. Queda de manifiesto, por tanto, que el aporte de Fe que supuso algunos de los tratamientos realizados impi--dió que se deteriorase el metabolismo de este elemento en la mayoría de los tratamientos que lo aportaron, pero parece que ello originó que se -deteriorase el metabolismo del Mn, al menos, en dos de estos tratamien--tos.

Del estudio llevado a cabo en este apartado parece deducirse --que los metabolismos del Fe y del Mn pueden ser alterados como consecuencia de diversos tratamientos a base de productos plaguicidas.

Los indicadores que hemos utilizado en el capítulo anterior pa--ra comprobar el estado metabólico del Fe en las plantas tratadas, pueden verse alterados también en el mismo sentido como consecuencia de una deficiencia de Mn, ya que este elemento es indispensable para que se dé --una buena proteosíntesis (HEWITT y col. 1949) y de acuerdo con KESSLER - (1957) interviene de una forma activa en el proceso respiratorio. Como -consecuencia de la deficiencia de Mn se ha detectado una acumulación fo--liar de azúcares, lo que denota una disminución en su ritmo de utiliza--ción y una mayor concentración de ácidos orgánicos, los cuales no pueden ser oxidados por completo en el ciclo de Krebs debido a la pérdida de ac--tividad de determinados enzimas (CHESTERS y ROLINSON, 1950; RAINS, 1976; HEWITT, 1958). La acción negativa de determinados plaguicidas sobre la -proteosíntesis ha sido ya comentada (CHABOUSSOU, 1980), y la elevación -de ácidos orgánicos ha sido asociada como una característica de la clorosis inducida por suelos calizos (ILJIN, 1951b), la cual, a su vez, fué -conectada con las razones K/Ca (DEKOCK, 1964) y P/Fe (DEKOCK y col. 1974).

La deficiencia en Mn puede producir, por tanto, unas distorsio--nes nutritivas similares a las originadas por el Fe (PEÑA, 1975; CARPENA y col. 1976b), aunque de menor intensidad. Esto es exactamente lo que s

cede en nuestras experiencias, de acuerdo con los valores hallados para el coeficiente de actividad del hierro y la razón K/Ca. Los menores incrementos que experimenta esta razón se producen, precisamente en aquellos tratamientos en que los coeficientes de actividad del hierro superan los hallados en las correspondientes muestras testigos (Tablas --- LXXXII, LXXXIII, LXXXIV, LXXXV y CXXXIX), es decir, cuando, de acuerdo con la interpretación adoptada de CARPENA y col. (1976b), es el metabolismo del Mn el que se ve afectado.

8.2.7.- Relaciones Fe-Ca

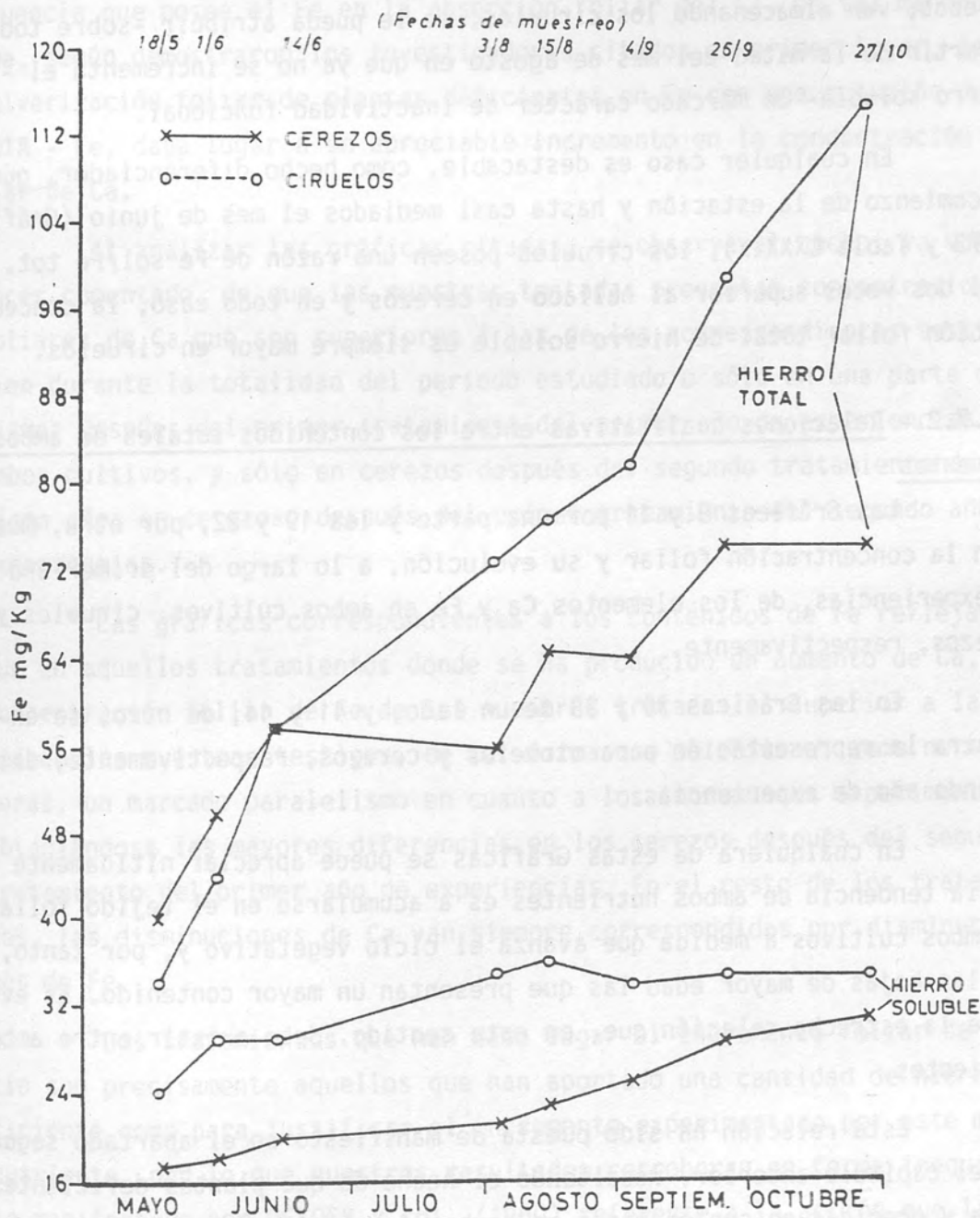
Como último punto de este estudio analizaremos las relaciones cualitativas existentes entre los contenidos totales de Fe y Ca, así como entre sus respectivas fracciones, para lo cual es conveniente, como paso previo, examinar las evoluciones y contenidos de la fracción soluble y compararla con los correspondientes datos de concentración foliar total.

8.2.7.1.- Contenido y evolución de la fracción de hierro soluble.

Se representa en la Gráfica 73 para ambos cultivos durante el primer año de experiencias, mientras que en la Tabla CXXXIX se puede --- apreciar el porcentaje de hierro soluble o coeficiente de actividad del hierro en las columnas correspondientes a las muestras testigos de ambos cultivos en el primer año de experiencia.

En la mencionada Gráfica se puede observar cómo la fracción soluble refleja lo que sucede con el contenido total de Fe entre ambos cultivos; el que posee una mayor concentración foliar de hierro total-el ciruelo -, presenta también una mayor concentración foliar de la fracción soluble. Sin embargo, la evolución de éste difiere bastante, pues mientras que la proporción de hierro soluble con respecto a hierro total -- disminuye constantemente en ciruelos a lo largo de todo el ciclo vegetati-

PRIMER AÑO DE EXPERIENCIAS. EVOLUCION DEL HIERRO
TOTAL Y DE SU FRACCION SOLUBLE (MUESTRAS TESTIGO)



Gráfica 73

vo, en cerezos se mantiene prácticamente constante (Tabla CXXXIX). Este hecho constituye un fiel indicador de que el hierro que, respecto a los cerezos, van almacenando los ciruelos, se le pueda atribuir -sobre todo, a partir de la mitad del mes de agosto en que ya no se incrementa el -- hierro soluble- un marcado carácter de inactividad funcional.

En cualquier caso es destacable, como hecho diferenciador, que, al comienzo de la estación y hasta casi mediados el mes de junio (Gráfica 73 y Tabla CXXXIX), los ciruelos poseen una razón de Fe sol/Fe tot. - casi dos veces superior al hallado en cerezos y en todo caso, la concentración foliar total de hierro soluble es siempre mayor en ciruelos.

8.2.7.2.- Relaciones cualitativas entre los contenidos totales de ambos elementos

Las Gráficas 8 y 11 por una parte y las 19 y 22, por otra, muestran la concentración foliar y su evolución, a lo largo del primer año - de experiencias, de los elementos Ca y Fe en ambos cultivos, ciruelos y cerezos, respectivamente.

En las Gráficas 30 y 33 de un lado, y 41 y 44, de otro, se encuentra la representación para ciruelos y cerezos, respectivamente, del segundo año de experiencias.

En cualquiera de estas Gráficas se puede apreciar nítidamente -- que la tendencia de ambos nutrientes es a acumularse en el tejido foliar de ambos cultivos a medida que avanza el ciclo vegetativo y, por tanto, - son las hojas de mayor edad las que presentan un mayor contenido. Es evidente la estrecha relación que, en este sentido, debe existir entre ambos nutrientes.

Esta relación ha sido puesta de manifiesto en el apartado segundo del capítulo anterior, resaltando el hecho de que plantas deficientes en Fe y crecidas en suelos ricos en carbonato cálcico, presentan, paradó-

jicamente, disminuidos los niveles foliares de calcio. DEKOCK y col. -- (1960) y CARPENA y col. (1972b, 1978) han evidenciado la decisiva in---fluencia que posee el Fe en la absorción foliar del Ca, de tal manera - que, según demostraron los investigadores citados en primer lugar, la - pulverización foliar de plantas deficientes en Fe con una solución de - EDTA - Fe, daba lugar a un apreciable incremento en la concentración fo- liar de Ca.

Al analizar las gráficas citadas, se observa el hecho, ya varias veces comentado, de que las muestras tratadas presentan concentraciones foliares de Ca que son superiores a las de los correspondientes testigos, bien durante la totalidad del periodo estudiado o sólo en una parte del mismo: Después del primer tratamiento del primer año de experiencias en ambos cultivos, y sólo en cerezos después del segundo tratamiento de ese mismo año; en cerezos, después del primer tratamiento del segundo año de experiencias.

Las gráficas correspondientes a los contenidos de Fe reflejan -- que en aquellos tratamientos donde se ha producido un aumento de Ca, la concentración foliar de Fe de las muestras tratadas es superior a la que poseen las muestras testigos, de tal forma que se obtiene, como norma ge- neral, un marcado paralelismo en cuanto a los incrementos experimentados obteniéndose las mayores diferencias en los cerezos después del segundo tratamiento del primer año de experiencias. En el resto de los tratamien- tos, las disminuciones de Ca van siempre correspondidas por disminucio-- nes de Fe.

Los tratamientos que han dado lugar al incremento foliar de cal- cio son precisamente aquellos que han aportado una cantidad de hierro su- ficiente como para justificar el incremento experimentado por este micro- nutriente, por lo que nuestros resultados corroboran en forma inequívoca lo manifestado por DEKOCK y col. (1960) referente a la acción que la -- aplicación foliar de Fe posee sobre una elevación concomitante de Ca.

8.2.7.3.- Relación cualitativa entre las fracciones de Ca y Fe

Los resultados obtenidos para las distintas fracciones de Ca -- quedó recogido en las Gráficas 55 a 62, ambas inclusive, y las de Fe -- desde la 65 a la 72.

Destacamos el hecho de que todos aquellos tratamientos que supusieron un incremento en el contenido total de calcio, están caracterizados porque este incremento está originado, exclusivamente, por la fracción de calcio orgánico insoluble. Si este hecho resulta bastante natural en el caso del ciruelo, dado que esta fracción supone más del 80% del calcio total de este cultivo, resulta ser mucho más llamativo ---- en el caso del cerezo, donde la fracción soluble puede llegar a representar, pasada la mitad del verano, un porcentaje del contenido total -- más importante que la fracción orgánica insoluble.

Resulta interesante, por tanto, que en cerezos, a lo largo de -- todo el primer año de experiencias, la fracción orgánica insoluble de -- las muestras tratadas está incrementada y la soluble disminuida (Gráficas 59 y 60), siendo la diferencia entre ambos contenidos la que gobierna el comportamiento del calcio total.

Es particularmente llamativo el hecho de que, aunque el calcio total de muestras tratadas desciende por debajo del correspondiente a -- testigos después de la segunda recogida correspondiente al segundo tratamiento (Gráfica 19), la fracción orgánica insoluble permanece siempre por encima en las muestras tratadas (Gráfica 60), aunque las diferencias ya no son significativas para la última recogida (Tabla CXI). Es interesante asimismo reseñar que este comportamiento se correlaciona muy bien con el contenido total de Fe (Gráfica 22). Se puede indicar, por tanto, que aquellas muestras tratadas que presentan un contenido total de Fe superior a los correspondientes testigos, presentan también un contenido superior de calcio orgánico insoluble, siendo esta fracción la que determina el incremento experimentado por el calcio total.

Al analizar los contenidos relativos de Fe soluble entre muestras testigo y tratadas se puede apreciar en las gráficas correspondientes que, en general, los incrementos observados para la fracción orgánica insoluble de calcio se corresponden con un incremento de la fracción soluble de hierro coincidiendo ambos con el aporte de hierro introducido por los productos utilizados. Es probable que, según lo que acabamos de indicar, el aumento experimentado por la fracción de hierro soluble en ClH 1N sea la que determine el aumento experimentado por el calcio orgánico insoluble, merced, probablemente, a que se favorezca la síntesis de ácido oxálico.

La posible relación que acabamos de apuntar entre hierro soluble y calcio orgánico insoluble podría ser la causa determinante de que en los ciruelos, donde, como hemos visto, esta fracción de calcio es absolutamente mayoritaria sea también la fracción de hierro soluble de -- una entidad más importante que la mostrada por cerezos, determinándose así el metabolismo del macronutriente y el menor contenido de Ca total, ya que en el caso de éstos el contenido total está determinado, fundamentalmente, por el calcio soluble y por el calcio orgánico insoluble.

9. CONCLUSIONES

El estudio llevado a cabo sobre los resultados obtenidos nos permite deducir las siguientes conclusiones generales:

- 1ª.- Los tratamientos fitosanitarios realizados, tanto en cítricos como en cereales, dan lugar, en mayor o menor grado, a alteraciones en las concentraciones foliares de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn y B, que no son significativas, en general, por la composición de los productos químicos utilizados.
- 2ª.- Se ha comprobado que los elementos nutritivos que acompañan como coadyuvante, soporte "fuerte", o como impureza a la materia activa del plaguicida utilizado, pueden incrementar las concentraciones foliares de los mismos dependiendo de la cantidad de producto utilizado, del porta del árbol tratado y, probablemente, de la especie vegetal considerada.
- 3ª.- Las alteraciones nutritivas observadas persisten, en general, durante todo el tiempo de CONCLUSIONES GENERALES
cias, aunque lo más usual es que la intensidad de las mismas varie a lo largo del período estudiado. Asimismo se

9.- CONCLUSIONES

El estudio llevado a cabo sobre los resultados obtenidos nos permite deducir las siguientes conclusiones generales:

- 1ª.- Los tratamientos fitosanitarios realizados, tanto en ciruelos como en cerezos, dan lugar, en mayor o menor grado, a alteraciones en las concentraciones foliares de N,P,K,Ca, Mg,Fe,Mn y B, que no son explicables, en general, por la composición de los productos comerciales utilizados.
- 2ª.- Se ha comprobado que los elementos nutritivos que acompañan como coadyuvante, soporte "inerte", o como impureza a la materia activa del plaguicida utilizado, pueden incrementar las concentraciones foliares de los mismos dependiendo de la cantidad de producto utilizado, del porte del árbol tratado y, probablemente, de la especie vegetal considerada.
- 3ª.- Las alteraciones nutritivas observadas persisten, en general, durante todo el tiempo que mantuvimos las experiencias, aunque lo más usual es que la intensidad de las mismas varíe a lo largo del período estudiado. Asimismo se

ha constatado que la aplicación de un nuevo tratamiento es capaz de modificar, tanto cuanti- como cualitativamente, algunos de los cambios observados tras el tratamiento anterior.

- 4ª.- Se ha comprobado a través de diversos métodos, que los árboles tratados de ambas especies vegetales sufren modificaciones que afectan al equilibrio nutritivo entre elementos, siendo especialmente destacables las alteraciones de los equilibrios N-K, K-Ca y K-Mg, así como la correspondiente a la concentración foliar de ácidos orgánicos.
- 5ª.- La aplicación a nuestro estudio de determinados parámetros, ampliamente utilizados como indicadores de distorsiones nutritivas por diversos investigadores, sugieren la existencia de una gran similitud entre las alteraciones observadas y las experimentadas por las plantas afectadas de clorosis férrica inducida por suelos calizos.
- 6ª.- Las modificaciones en el contenido de Ca total, en ciruelos, están originadas por la fracción orgánica insoluble que -- constituye el 80% de este elemento. Las restantes fracciones (Ca-ligado, Ca-inorgánico insoluble y Ca-soluble) permanecen prácticamente invariables a lo largo del tiempo, no contribuyendo a las alteraciones dinámicas de este bioelemento.
- 7ª.- En cerezos, la fracción orgánica insoluble y la soluble -- constituyen más del 70% del Ca total, siendo la primera dominante hasta mediados del mes de Agosto, cediendo este carácter a la segunda a partir de dicha fecha. Las elevaciones experimentadas por el contenido total de este elemento están originadas, exclusivamente, por la fracción orgánica insoluble. Las disminuciones son determinadas, fundamental

mentalmente, por la fracción soluble, fracción que se ve - antagonizada en mayor cuantía por el K. Los tratamientos - que supusieron un aporte de Fe determinaron un incremento de la fracción orgánica insoluble de Ca.

- 8ª.- Algunas aplicaciones fitosanitarias reducen la fracción de Ca-ligado en cerezos y, dado el efecto "cementante" que es te tipo de Ca ejerce sobre la pared celular, es previsible una disminución de la resistencia mecánica de la misma a acciones parasitarias ulteriores.
- 9ª.- Se ha constatado la existencia, en ambos cultivos, de una correlación positiva entre Fe total y la fracción de Fe -- soluble en ClH 1N , pero ello no implica que ambos parámetros resulten igualmente afectados a consecuencia de los tratamientos efectuados. Los incrementos de la fracción -- siempre se detectaron en tratamientos con productos que su ponían un aporte de este elemento.
- 10ª.- Los contenidos foliares de Fe y Ca discurren en forma para lela, gobernando la fracción soluble del primero la de Ca-orgánico insoluble.
- 11ª.- Los tratamientos fitosanitarios realizados no afectan por igual a los dos cultivos estudiados, lo que sugiere que la especie vegetal influye en los efectos producidos.
- 12ª.- Finalmente, la experiencia acumulada en este trabajo aconseja que cualquier tratamiento fitosanitario debe ir acompañado por un riguroso control del estado nutritivo de la -- planta, ya que, al menos en los cultivos estudiados, pueden tener lugar alteraciones que obliguen a efectuar las correc ciones adecuadas si no se quiere ver mermado el rendimiento de los mismos.

10. - LITERATURA CITADA

- BARONSON S. (1960): J. Protozool. 7:289 (Dekock y col., 1966)
- ABUTALYBOV M.G. (1955): Doklady Akad. Nauk, S.S.S.R. 105:1042 (C.A. 50,7960h)
- ABUTALYBOV M.G. (1956): Fiziol. Rasten. S.S.S.R. 3:306 (Nadiv, 1959)
- ACHITOV M. y BAR-ARIYA A. (1973): Sci. Hort. 1:251
- ACQUATE D. (1967): J. Sci. Food Agr. 18 : 24
- ADAM N.K. (1948): Discuss. Faraday Soc. 3:5 (Bukovac, 1976)
- ADAM N.K. (1958): Endeavour 17:37 (Bukovac, 1976)
- ADAM N.K. (1963): En "Waterproofing and water repellency". Edit. Mollet J.L., Elsevier Pub. Co. (Fernandez C.A., 1968)
- AGEISHVILI L.G. y MANALADZE I.P. (1975): Tr. Nauchno-Issled. Inst. Zashch. Rast. (Tiflis) 28:96 (C.A. 88,131964g)
- ADUAYI E.A. (1971): Turrialba 21(1):63
- ADUAYI E.A. (1972a): Turrialba 22:305
- ADUAYI E.A. (1972b): Commun. Soil Sci. Plant Anal. 3(4):22
- ADUAYI E.A. (1975): Turrialba 25(2):132
- ADUAYI E.A. (1976): Trop. Agric. (Trinidad) 53(1):63 (C.A. 100724s)

BIBLIOGRAFIA

10.- LITERATURA CITADA

- AARONSON S. (1960): J.Protozool. 7:289 (Dekock y col.,1966)
- ABUTALYBOV M.G. (1955):Doklady Akad.Nauk. S.S.S.R. 105:1042 (C.A. -- 50,7960h)
- ABUTALYBOV M.G. (1956): Fiziol. Rasten S.S.S.R. 3:306 (Nadir,1968)
- ACHITUV M. y BAR-AKIVA A. (1973):Sci. Hort.1:251
- ACQUAYE D. (1967): J. Sci. Food Agr. 18 : 24
- ADAM N.K. (1948):Discuss. Faraday Soc. 3:5 (Bukovac,1976)
- ADAM N.K. (1958):Endeavour 17:37 (Bukovac,1976)
- ADAM N.K. (1963):En "Waterproofing and water repellency". Edit.:Moi--llet J.L.,Elsevier Pub. Co. (Fernandez O.A.,1968)
- ADEISHVILI L.G. y MAMALADZE L.P. (1976):Tr. Nauchno-Issled. Inst. -- Zashch. Rast.(Tiflis) 28:96 (C.A.88,131964g)
- ADUAYI E.A. (1971): Turrialba 21(1):53
- ADUAYI E.A. (1972a): Turrialba 22:305
- ADUAYI E.A. (1972b): Commun. Soil Sci. Plant Anal. 3(4):323
- ADUAYI E.A. (1975): Turrialba 25(2):132
- ADUAYI E.A. (1976): Trop. Agric.(Trinidad) 53(1):63 (C.A.84,100724s)

- ADZHEMYAN L.A. (1972a): Biol. Zh. Arm. 25(4):84 (C.A. 77,110421k)
- ADZHEMYAN L.A. (1972b): Vinodel. Vinograd. SSSR 32(1):38 (C.A. 77,1847d)
- ADZHEMYAN L.A. (1975): En "Vopr. Biokhim. Vinograda Vina, Tr. Vses Konf., 2 nd 1973 Pub. 1975), pag.143 (C.A. 85,976c)
- ADZHEMYAN L.A. (1980): Fiziol. Rast. (Moscow) 27(1):145 (C.A. 92,158930n)
- ADZHEMYAN L.A., MARDZHANYAN G.M. y AVUNDZHYAN E.S. (1977): Biol. Zh. Arm. 30(12):37 (C.A. 89,18070v)
- AFIFI A. F. y ABDULIA M.El-S (1979): Zent. Bakt. Parasit. Infek. Hyg., - Zweite-naturw.-Abteileng 134(7):587 (Field Crop Abst.34,1183)
- AGÜI I. (1973): Tesis doctoral.Facultad de Farmacia.Universidad de Granada.
- AGUI I. y RECALDE L. (1978): En "III Bienal de Fisiología Vegetal" pag.- 57.C.S.I.C. y Depart. Fisiol. Veget. Granada.
- AHLGREN G.E. y SUDIA T.W. (1967): Proc. of the Symposium on isotopes in plant nutrition and physiology. Sept.1966,Vienna Inst. Atomic Energy Agency (Hull,1970)
- AHMED M.B., KHEIR N.F., EL-GHAMRAWY N.K. y SALEM S. M. (1979): Res. Bull., Fac. Agric., Ain Shams Univ., Nº 1080.
- AHMED M.B. y TWEFIK M. (1956): Proc. Indiana Acad. Sci. 43:405 (Mehrotra y col.,1976)
- AKTAS M. y VAN EGMOND F. (1979): Plant and Soil 51:257
- ALBRECHT R. (1979): Cah. Nutr. Diet. 14:49
- ALCARAZ C.F. (1967): Tesis doctoral.Facultad de Ciencias.Universidad de Murcia
- ALCARAZ C.F. y BANET E. (1976): En "4th Int. Coll. Cont. Plant Nutr." Vol.I, pag.51. Gante.

- ALCARAZ C.F., BERNAL J.M., HELLIN E. y SEVILLA F. (1984): Actes Proc. -- VI^e Coll. Int. Optim. Nutr. Plant. , Vol. 1, pag.19. Montpellier.
- ALDRICH D.G., BUCHANAN J.R. y BRADFORD G.R. (1955): Soil Sci. 79:427
- ALDRICH S.R. (1973): En "Soil Testing and Plant Analysis". Edits.: Walsh L.M. y Beaton J.M., Soil Sci. Soc. Amer., Inc., Madison, Wisconsin.
- ALEXANDER M. (1961): "Introduction to soil microbiology" Wiley, London.
- ALLAN J.E. (1961a): Analyst 86:530
- ALLAN J.E. (1961b): Spectrochim. Acta 17:459
- ALLEN J.G. (1979): En "Adv. Pest. Sci. Part 3" Edit.: Geissbuhler H. -- Pergamon Press. Oxford.
- ALLEN S.E., GRIMSHAW H.M., PARKINSON J.A. y QUARMBY C. (1974): "Chemical Analysis of Ecological Materials". Edit.: Allen S.E., Blacwell Scientific Publications. Oxford. London.
- AMBLER J.E., BROWN J.C. y GAUCH H.G. (1971): Agron.J. 63:95
- ANDERSON O.E. y HARRISON R.M. (1970): Commun. Soil Sci. Plant Anal. -- 1(3):163
- AOAC (1980): "Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist". Thirteenth edition. Edit.: Horwitz W., Washington D.C.
- ARCHIBALD J.A. (1964): En "Plant Analysis and Fertilizer Problems" IV, pag.1. Edit.: Bould C., Prevot P. y Magness J.R., Amer. Soc. Hort. Sci., (Bould, 1966)
- ARGYRIADIS G.A., DIJKSHOORN W. y LAMPE J.E.M. (1976): Plant and Soil 44:669
- ARKLEY T.H., MUNS D.N. y JOHNSON C.M. (1960): J. Agr. Food Chem. 8:318
- ARMAN P. y WAIN R.L. (1960): Ann. Appl. Biol. 48:392 (C.A. 55, 21447c)
- ARNOLD J.T. y THOMPSON L.F. (1982): J. Plant Nutr. 5(4-7):747

- ARNON D.I. (1939): Soil Sci. 48:295
- ASHBY D.L. (1969): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 94(3):266
- ASKEW H. O. y THOMPSON R.H.K. (1937): N. Z. J. Sci. Tech. 18:661 --
(Bould y col.,1960)
- AWAD M.M. y KENWORTHY A.L. (1963): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 83:68 --
(Bould y col.,1966)
- AYED I.A. (1970): Plant and Soil 32:18
- BACON J.S.D.,DEKOCK P.C. y PALMER M.J. (1961): Biochem. J. 78:198
- BADER H. y BRANDENBERGER H. (1968): Atomic. Abs. Newsletter 7:1
- BAHAMONDES A. (1972): Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Chile.
- BAIDA T.A. (1974): En "Mater. Resp. Nauchno-Proizvod. Konf. Zashch.Rast. Kaz.,3rd 1974:135" (C.A. 84,13405v)
- BAKER A.D. (1971): J. Ass. Off. Anal. Chem. 54:951
- BAKER C.E. (1941): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 39:33
- BAKER D.E.,GORSLINE G.W.,SMITH C.B.,THOMAS W.I.,GRUBE W.E. y RAGLAND --
J.L. (1964): Agron. J. 56:133
- BAKER D.E.,JARREL A.E.,MARSHALL L.E. y THOMAS W.I. (1970): Agro. J.62:103
- BAKER J.H. y GREWLING T. (1967): J. Agr. Food Chem. 15:340
- BANDURSKI R.S. (1955): J. Biol. Chem. 217:137
- BANDURSKI R.S. y GREINER C.M. (1953): J. Biol. Chem. 204:781
- BAR-AKIVA A. (1964): En "Plant Analysis and Fertilizer Problems IV" --
Edits.: Bould C.,Prevot P. y Magness J.R. (Amer. Soc. Hort. Sci. -
Mich. State Univ., East Lansing, Mich.)
- BAR-AKIVA A. (1970): Proc. of the 18th Int. Hort. Congr.,Vol IV,pag.333

- BAR-AKIVA A. (1971): En "Recent Advances in Plant Nutrition". Vol 1, pag. 115. Edit.: Samish R. M., Gordon and Breach Science Publishers, New York , London.
- BAR-AKIVA A., KAPLAN M. y LAVON R. (1967): Agrochimica XI:283
- BAR-AKIVA A. y LAVON R. (1967): Israel J. Agric. Res. 17:7
- BAR-AKIVA A. y LAVON R. (1969): J. Hort. Sci. 44:359
- BAR-AKIVA A., LAVON R. y SAGIV J. (1970): Agrochimica XIV:47
- BAR-AKIVA A., SAGIV J. y HASDAI D. (1971): Physiol. Plant. 25:386
- BAR-AKIVA A., SAGIV J. y HASDAI D. (1976): En "4th Int. Coll. Plant. -- Nutr." Vol. I, pag. 109. Gante.
- BAR-AKIVA A., SHAKED A. y SAGIV J. (1967): HortScience 2:51
- BARATOV K.B. (1978): Izv. Akad. Nauk. Tadzh. SSSR, Otd Biol. Nauk 1:73 -- (C.A. 89, 78311c)
- BARBER S.A. (1962): Soil Sci. 93:39
- BARBERA C. (1976): "Pesticidas Agrícolas". Ediciones Omega. Barcelona.
- BARCELO y col. (1980): "Fisiología Vegetal". Editorial Pirámide. Madrid.
- BARKER A.V. y BRADFIELD R. (1963): Agron. J. 55:465
- BARNES E.D. y McALLISTER J.S.V. (1972): North Irel. Minist. Agric. Res. 20:35 (Davis y col., 1974)
- BARROWS H.L. y GAMMON N. (1960): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 76:287 -- (Smith, 1962)
- BASARGIN N.N., FROLOVA E.P. y KOTENKO T.A. (1971): Vop. Pitan. 30(2):92 -- (C.A. 74, 140082f)
- BASSO L.C. y SMITH T.A. (1974): Phytochemistry 13:875
- BASSON W. D. y BOHMER R.G. (1972): Analyst 97:482

- BASSON W. D., BOHMER R.G. y STANTON D.A. (1969): Analyst 94:1135
- BATEMAN D.F. y LUMSDEN R.D. (1965): Phytopathology 55:734
- BATHUST A.C. (1948): D. Sc. thesis. University of Stellenbosch, S. Africa
(Steyn, 1959)
- BATJER L.P. y WESTWOOD M.N. (1958): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71:116
(Smith, 1962)
- BAXTER P. (1962): Outlook on Agriculture 3:274 (Dekock, 1964)
- BAYER D.E. y LUMB J.M. (1973): En "Pesticides Formulations". Edit.: Van -
Valkenburg W., N.Y., Marcel Dekker, Inc.
- BEAR F.E. (1950): Agron. J. 42:176
- BEAR F.E. y PRINCE A.L. (1945): J. Amer. Soc. Agron. 37:217 (Munson, 1968)
- BEAR F.E. y WALLACE A. (1950): Better Crops with Plant Food 34(7):6 --
(Munson, 1968)
- BEAUFILS E.R. (1971): Fert. Soc. South Africa J. 1:1
- BEAUFILS E.R. (1973): Soil Sci. Bull. 1, Univ. of Natal, Pietermaritzburg,
South Africa (Sumner, 1979)
- BEAUFILS E.R. (1976): En "4th Int. Coll. Plant Nutr.". Vol 1, pag. 21. Gante.
- BEAUFILS E.R. y SUMNER M.E. (1976): Proc. South Africa Sug. Tech. Assoc.
50:118
- BEAUFILS E.R. y SUMNER M.E. (1977): Proc. South Africa Sug. Tech. Assoc.
51:123
- BECKMAN P.A. (1978): Ann. Rev. Phytopath. 16:211
- BEDNAROVA J. (1979): Acta Univ. Palacki. Olomuc., Fac. Rerum Nat. 63 --
(Biol. 19):7 (C.A. 93, 235263x)
- BEDRI A.A., WALLACE A. y RHOADS W.A. (1960): Soil Sci. 89:257

- BEHLEN W. (1965): Zentr. Biol. Aerosol. Forsch. 12(3):183 (C.A.62,15364d)
- BEHRENS R. (1957): Weeds 5:183
- BELEY J. (1957): Soil and Fertilizer 20:2267 (Galiano,1971)
- BELYAEVA M.G. (1974): En "Mater. Resp. Nauchno-Proizvod. Konf Zashch. Rast. Kaz , 3rd 1974 :178 (C.A. 84,1032h)
- BELYAEVA M.G. (1975): Vestn. S-kh. Naukikaz. 18(6):54 (C.A. 83,202503r)
- BELYAEVA M.G. y LUKPANOV Zh.L. (1971): Vestn. Sel'skokhoz. Nauki --- (Alma-Ata) 14(8):33 (C.A. 76,95620h)
- BENGTSOON A. (1961): Vaxtodling 17:1 (Hull,1970)
- BENNETT J.P. (1945): Soil Sci. 60:91
- BENNETT O.I.,BOSS B.D.,ASHLEY D.A.,KILMER V.J. y RICHARDSON E.D. (1964): Agron. J. 56:195
- BENSON N.,LINDNER R.C. y BULLOCK R.M. (1966): En "Fruit Nutrition". -- Capit. XIV. Edit.: Childers N.F. ,Horticultural Publications,Rutgers University, New Brunswick, N. J.
- BERIM N.G.y GUDKOVA G.V. (1980): Nauchn.Tr. Leningr. S-kh. Inst. 389:62 (C.A. 95,92196f)
- BERIM N.G. y KONOVA V.M. (1974): Zap. Leningr. S-kh. Inst. 227:25 ---- (C.A. 83,54238r)
- BERIM N.G. y KONOVA V.M. (1976): Zap. Leningr. S-kh. Inst. 229:81 --- (C.A. 88,16969a)
- BERNEKING A.D. y SCHRENK W.G. (1957): J. Agric. Food Chem. 5:742
- BERNSTEIN L. (1965): U.S. Dep. Agric., Agric. Res. Serv.,Agric.Inf. -- Bull n° 292 (Leece,1976a)
- BERRY W.L. y JOHNSON C.M. (1966): Appl. Spectrsc. 20:209

- BESSON J.M. y DANIEL R.C. (1978): Schweiz Land wirtsch. Forsch. 17:149
(Wallace y col.,1980)
- BETHGE O. (1954): Anal. Chim. Acta 10:317
- BETHGE O. (1956): Anal. Chim. 28:119
- BEUTEL J.,URIU K. y LILLELAND O. (1978): En "Soil and Plant-Tissue ----
Testing in California".Division of Agricultural Sciences.University
of California.Bulletin 1879,pag.11.
- BEYERS E. (1964): Deciduous Fruit Grower 14:91 (Ross y Webster,1976)
- BEZBARUAN B. (1976): Chemical Age of India 27(12):1065
- BIDDULPH O. (1953): Kan. Agr. Exp. Sta.Rep. 4:48 (Olsen,1972)
- BIDDULPH O. (1954): En "Plant Analysis and Fertilizer Problems".Inst.--
Rech. Huiles et Oleag.,Paris. (Smith,1962)
- BIDDULPH O.,BIDDULPH S.,CORY R. y KOONTZ H. (1958): Plant Physiol.33:293
- BIELESKI R.L. y JHONSON P.N. (1972): Aust. J. Biol. Sci. 25:707 (Leece,-
1976a)
- BLACKMAN G.E.,BRUCE R.S. y HOLLY K. (1958): J. Exp. Bot. 9:175
- BLAGONRAVOVA L.N. (1973): Byull. Gonikitrs. Bot. Sada 3(22):56 (Chabou-
ssou,1977)
- BLAGONRAVOVA L.N. y NILOV G.I. (1973): Fiziol. Biokhim. Kul't Rast. ---
5(6):648
- BLGONRAVOVA L.N. y NILOV G.I. (1976): Khim. Sel'sk. Khoz. 14(11):41 --
(C.A. 86,38346f)
- BLAS L. (1951): "Química de los Insecticidas". Ediciones Aguilar. Madrid.
- BLOUCH R.,PAYNE M.G. y FULTS J.L. (1952): Botan. Gaz. 114:248 (C.A. 47,
4023a)
- BOAWN L.C. (1971):Commun. Soil Sci. Plant Anal. 2(1):31

- BOCHAROVA L.P. y KUZ'MINSKAZA V.A. (1972): Dokl. TSKHA (Timiryazev. --- Sel'skokhoz. Akad.) № 188:145 (C.A. 80,56266k)
- BOGDARINA A.A. y ZAZERINA A.N. (1961): En "Mater. Simpos. Primenen.Biof. V Obl. Zashch. Rast.,Leningrad,pag.40 (C.A. 58,10518a)
- BOGDANOFF W. (1964): Tagungsber. DAL (Berlin) 62:223 (Zelenà,1977)
- BOLLARD E.G. (1953): Nature 171:571
- BOLLARD E.G. (1956): Nature 178:1189
- BOLLE-JONES E.W. (1955): Plant and Soil VI(2):129
- BONILLA J.G. (1980):Simp. Latinoamer. Cafic.,(Actas),3rd pag. 40(C.A. 97, 121940t)
- BONTEA V.,GLODEANU C.,GLODEANU E. y DARIE V. (1977): Analele Institutului Cercetari pentru Protectia Plantelor 1974,publ. 1977,12:329
- BOOS A.,KOLESCH H. y HOFNER W. (1983): Z. Pflanzenernahr. Bodenk. 146:401 (Chaney,1984)
- BORATYNSKI K. y col. (1967): Eng.Summary Roczniki Glebozn 18:57 (FAO,1976)
- BORODULINA F.Z. y BERNATSKAYA M.L. (1970): Khim.Sel. Khoz. 8(1):22 --- (C.A. 72,110247)
- BORODULINA F.Z. y FURSENKO L.S. (1965): Khim. v Sel'sk. Khoz. 3(9):26 (C.A. 64,5688g)
- BOTTRILL D.E.,POSSINGHAM J.U. y KRIEDEMANN P.E. (1970): Plant and Soil- 32:424
- BOUAT A. y CROUZET C. (1965): Ann. Agric. 16:107
- BOUAT A. y DULAC J. (1958): Première Conference Internationale des Techniciens Oleícoles. Tanger 21-27 Mai 1958 (Yañez,1969)
- BOUAT A.,RENAUD P. y DULAC J. (1953): Ann.Agric. 4:599

- BOUL C. (1966): En "Temperate to Tropical Fruit Nutrition". Edit.: Childers N.F., Horticultural Publications, Rutgers University, New Brunswick, N. J.
- BOULD C., BRADFIELD E.G. y CLARKE G.M. (1960): J. Sci. Food Agric. 11:229
- BOULD C. y CHIU T. F. (1976): En "4 th Int. Coll. Plant. Nutr. " Gante.
- BOULD C. y JARRETT R.M. (1962): J. Hort. Sci. 37:58
- BOUYOUCOS G.J. (1951): Agron. J. 43:434
- BOYER P.D. (1962): En "The Enzymes". Vol 6. Edits.: Boyer P.D., Lardy H. y Myrback K., Academic Press, N.Y.
- BOYNTON D. (1954): Ann. Rev. Plant Physiol. 5:31
- BOYNTON D. y COMPTON O.C. (1944): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 45:9
- BOYNTON D. y COMPTON O. C. (1945): Soil Sci. 59:339
- BOWEN H.J.M. (1967): Analyst 92:124
- BOWEN H.J.M. (1968): Anal. Chem. 40(6):969
- BRADFIELD E.G. (1964): J. Sci. Food Agric. 15:469
- BRADFIELD E.G. (1977): Commun. Soil Sci. Plant Anal. 5:563
- BRADFIELD E.G. y BOULD C. (1963): J. Sci. Food Agric. 14(10):729
- BRADLEY D.B. (1962): J. Agric. Food Chem. 10:450
- BRADSTREET R.B. (1965): "The Kjeldahl Method for Organic Nitrogen". Academic Press.
- BRADY D.V., MONTALVO J.G., JUNG J. y CURRAN R.A. (1974): At. Absorpt. -- Newl. 13:118
- BRAG H. (1972): Physiol. Plant. 26:250
- BRANTON D. y JACOBSON L. (1962): Plant Physiol. 37:539

- BREMMER J.M. y TABATAI M.A. (1971): En "Instrumental Methods for Analysis of Soil and Plant Tissue". Edit.: Walsh L.M., Soil Sci. Amer.,-- Inc., Madison, Wisconsin.
- BRETELER H. (1973): Neth. J. Agric. Sci. 21:227 (Van Egmond y Aktas, 1977)
- BRIAN R.C. (1967): Ann. Applied Biol. 59:91
- BRIAN R.C. (1976): En "Herbicides, 2nd ed. 1976" Edit.: Audus L.J., Academic Press. London (C. A. 87, 63848z)
- BRIGGS G.G. y BROMILOV R.H. (1977): En "Herbicides and Fungicides. Factors affecting their activity". Edit.: McFarlane N.R., The Chemical Society. Burlington House, London.
- BRIQUET M., SABADIE-PIALOUX N. y GOFFEAU A. (1976): Arch. Biochem. Biophys. 174(2):684 (C.A. 85, 14964j)
- BROM M. y SALMANSON O. (1969): En "Ann. rep. citrus leaf anal. Raanana district., Ext. Serv., Minit. Agric., Raanana District Office, Israel- (unpublished). (Bar-Akiva, 1970)
- BROWN J.C. (1953): Plant Physiol. 28:495
- BROWN J.C. (1956): Ann. Rev. Plant Physiol. 7:171
- BROWN J.C. (1961): Adv. in Agron. 13:329
- BROWN J.C. (1978): Plant, Cell and Environment 1:249
- BROWN J.C. (1982): J. Plant Nutr. 5(4-7):987
- BROWN J.C. y AMBLER J.E. (1970): Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34:249 --- (Miller y col., 1984)
- BROWN J.C. y CHANEY R.L. (1971): Plant Physiol. 47:837
- BROWN J.C. CHANEY R.L. y AMBLER J.E. (1971): Physiol. Plant. 25:48
- BROWN J.C., HOLMES R.S. y TIFFIN L.O. (1959): Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 23:231 (Dekock e Inkson, 1962)

- BROWN J.C., YAMAGUCHI S. y LEAL-DIAZ J. (1965): Plant Physiol. 40:35
- BRUNSKILL R.T. (1956): 3rd Brit. Weed Control Conf. Proc. 2:593 (Hull, 1970)
- BUCHANAN J.R. y MURAOKA T.T. (1964): Atomic Abs. Newsletter 3:79
- BUKOVAC M.J. (1965): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 87:131
- BUKOVAC M.J. (1976): En "Herbicides, 2nd ed. 1976". Edit.: Audus L.J., - Academic, London.
- BULINSKI R. y KOT A. (1976): Bromatol. Chem. Toksykol. 9(3):235 (C. A.-85, 187448x)
- BULINSKI R., KOT A. y KUTULAS K. (1974): Bromat. Chem. Toksykol. 7(3):295
- BULINSKI R., KUTULAS K., SZYDLOWSKA E. y KOT A. (1975): Bromat. Chem. Toksykol. 8(4):387
- BULL D.L. (1968): J. Agric. Food Chem. 16:610
- BURCHFIELD H.P. (1960): En "Plant Pathology: An Advanced Treatise". -- Edit.: Horsfall J.G. y Dimont A.E., Academic Press, N.Y.
- BURCHFIELD H.P. y McNEW G.L. (1950): Contr. Boyce Thompson Inst. Plant. Res. 16:131
- BURKE K. y ALBRIGHT C.H. (1970): J. Ass. Off. Anal. Chem. 53:531
- BURR G. D. (1961): En "Plant Analysis and Fertilizer Problems", Amer. -- Inst. Biol. Sci., Publi. n°8, Washington D.C. (Smith, 1962)
- BURTH U. y RAMSON A. (1973): Arch. Gartenbau 21(7):567 (C.A. 80, 104646h)
- BUSHONG J.W., POWEL D.P. y SHAW P.D. (1964): Phytopathology 54(6):713
- BUSLOVA E.D. (1948): En "C. A. 42, 4242b (Brown, 1961)
- CADAHIA C. (1971): Anal. Edaf. Agrobiol. XXX:817
- CAIN J.C. (1954): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 64:61 (Dijkshoorn, 1964)

- CAIN J.C. y BOYNTON D. (1948): Proc Amer. Soc. Hort. Sci. 51:13 (Smith, 1962)
- CAIN J. C. y HOLLEY R.W. (1955): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 65:49 --- (Dekock y Morrison, 1958a)
- CAPITAN F. y MARTINEZ F. (1954): Anal. Edaf. y Fisiol. Veg. XIII:767
- CARLSON R.M. y KEENEY D.R. (1971): En "Instrumental Methods for Analysis of Soils and Plant Tissue". Edit.: Walsh L.M., Soil Sci. Amer., Inc., - Madison, Wisconsin.
- CARO J.H. (1971): J. Assoc. Off. Anal. Chem. 54:1113
- CARPENA O. (1965): Tesis doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad de - Granada.
- CARPENA O. (1966): Anal. Univ. Murcia (Carpena y col., 1978)
- CARPENA O. (1980): Proc. 3^{er} Cong. Nac. Quím. Agríc. , Sevilla.
- CARPENA O., ALCARAZ C. y LEON A. (1968): En "II col. Europ. Med. Contr.- Plant Cult.", pag. 423. Sevilla.
- CARPENA O. y CARPENA R.O. (1982): Anal. Edaf. Agrobiol. XLI(7-8):1355
- CARPENA O., LEON A. y ALCARAZ C. (1968a): En "II Col. Europ. Medit. Contr. Plant Cult.", pag. 68. Sevilla.
- CARPENA O., LEON A., HELLIN E. y ALCARAZ C. (1972c): Atti IX Simp. Int. -- Agrochimica:222
- CARPENA O., LEON A., LLORENTE S. y DE LA PEÑA C. (1972b): En 3^{er} Coll. -- Europ. Meditt. Plant. Cultiv.", pag. 489. Budapest.
- CARPENA O., LEON A., LLORENTE S. y DE LA PEÑA C. (1978): En "XXth Intern. Hort. Cong.". Sidney. Australia.
- CARPENA O., LLORENTE S., LEON A. y TORRECILLAS A. (1976): En "4th Int. -- Coll. Plant Nutr." Vol. II, pag. 1. Gante.

- CARPENA O.,LLORENTE S.,LEON A. y TORRECILLAS A. (1976b): Anal. Edaf. --
Agrobiol. 35:319
- CARPENA O.,LLORENTE S.,LEON A.y TORRECILLAS A. (1977): Agrochimica XXI(6):
443
- CARPENA O.,MONLLOR E. y HELLIN E. (1966): Agric. Tec. Al. 6:459
- CARPENA O.,MONLLOR E. y HELLIN E. (1967): Agric. Tec. Al. 7:91
- CARPENA O.,MONLLOR E. y HELLIN E. (1968b): En "II Col. Europ. Medit. --
Contr. Plant. Cultiv.",pag. 687 .Sevilla.
- CARPENA O.,MONLLOR E. y HELLIN E. (1972): Rev. Agroquim. Tecnol. Aliment.
12(2):281
- CARPENTIER P.N.,ELLIS A.,YOUNG H.E. y BUTLER T.E. (1968): Maine Agric.
Exp. Sta. Tech. Bull.30 (Jones,1977)
- CARTER M,R. (1980): Plant and Soil 56:293
- CARY P.R. (1970): Hort. Res. 10:20
- CASANOVA M. (1971): Servicio de Extensión Agraria.Traduccionen.Informa-
ción SID nº1/1971
- CASIDA J.E. y LYKKEN L. (1969): Ann. Rev. Plant Physiol. 20:607
- CASSIDY J.E.,MURPHY R.T.,MATTSON A.M. y KAHRS R.A. (1969a): J. Agric.--
Food Chem. 17:571
- CASSIDY J.E.,RYSKIEWICK D.P. y MURPHY R.T. (1969b): J. Agric. Food ---
Chem. 17:559
- CASTILLO I.J. y PARRA H.J. (1959): Cenicafé 10(4):109
- CHABOUSSOU F. (1964): En "1^{er} Colloq. Contr. Nutr. Plant. Cult." Mont--
pellier.
- CHABOUSSOU F. (1967): Vignes et Vins 160 y 164
- CHABOUSSOU F. (1967b): Ann. Soc. Ent. Fr. 3(3):797

- CHABOUSSOU F. (1969): Thèse doctorale.Fac. Sciences.Paris.(Chaboussou,-1980)
- CHABOUSSOU F.(1970): C.R. Acad. Agric. France 1^{er} juillet 1970,pag.987
- CHABOUSSOU F. (1977): C.R. Acad. Agric. France,9 mars 1977,pag.367
- CHABOUSSOU F. (1980): "Les plantes malades de pesticides.Basses nouve--lles d'une prevention contre maladies et parasites". Editions Debard. Paris.
- CHALLEN S.B. (1960): J. Pharm. Pharmac. 12:307
- CHALLEN S.B. (1962): J. Pharm. Pharmac. 14:707
- CHAMEL A.R. y GAMBONNET B. (1982): J. Plant Nutr. 5(3):153
- CHANEY R.L. (1984): J. Plant Nutr. 7(1-5):47
- CHAPMAN H.D. (1949): Calif. Agric. 3(11):10 (Bar-Akiva,1970)
- CHAPMAN H.D. (1964): World Crops 16:35
- CHAPMAN H.D. (1966): "Diagnostic criteria for plants and soil". University of California,Division of Agric. Sci.,Berkley
- CHAPMAN H.D. y BROWN S.M. (1950): Hilgardia 19:501
- CHAPMAN H.D. y PRATT P.F. (1961): "Methods of Analysis for Soils,Plants and Waters". University of California
- CHAT M.G. (1966): C.R. Acad. Agric. France 52:1087
- CHAVES M.,MAZUELOS C. yTRONCOSO A. (1968): En "II Col. Europ. Medit. --Contr. Plant. Cultiv.",pag.813 ,Sevilla
- CHEN Y. y BARAK Ph. (1982): Adv. in Agron. 35:217
- CHESTERS C.G.C. y ROLINSON G.N. (1950): Nature 165:581
- CHIESA MOLINARI O. (1965): "Terapéutica Vegetal". Salvat Editores S. A. Barcelona

- CHILDERS N.F. (1966,Edit.): "Temperate to Tropical Fruit Nutrition" Horticultural Publications.Rutgers-The State University. New Brunswick,- N.J.
- CHILDERS N.F. (1982): "Fruticultura Moderna". Editorial Hemisferio Sur. Montevideo
- CHOUTEAU J. (1960): Ann. Physiol. Vegetale 4:237
- CHOUTEAU J. (1963): Ann. Inst. Exp. Tabac Bergerac 4:319 (Kirkby y Mengel,1967)
- CHRIST R.A. (1979): En "Advances in Pesticide Science",Vol.3,Fourth --- Int. Cong. Pest. Chem,Zurich, Edit.: Geissbuhler H.,Pergamon Press.
- CHRISTENSEN R.E.,BECKMAN R.M. y BIRDSALL J.J. (1968): J. Ass. Offic. -- Anal. Chem. 51: 1003
- CHRISTENSEN M.D. y WALKER D.R. (1964): Proc Amer. Soc. Hort. Sci. 85:112
- C.I.I.(Comité Inter-Instituts d'étude des techniques analytiques du diagnostic foliaire,1968): En "II Col. Europ. Medit. Contr. Plant. Cult" pag. 103 ,Sevilla
- C.I.I.(1969): Anal. Edaf. Agrobiol. XXVII(5-6):409
- C.I.I.(1972): En "3^e Collo. Europ. Meditt. Contr. Alim. Plant. Cult." - pag. 159, Budapest
- C.I.I.(1973): Oleagineux 28(2):87
- CLARK R.B. (1968): Crop Sci. 8:165 (Munson,1968)
- CLARKSON D.T. y HANSON J.B. (1980): Ann. Rev. Plant Physiol. 31:239
- CLEMENTS H.F. (1951): En "Mineral nutrition of plants". Edit.: Truog E. Univ. Wisconsin Press,Madison
- CLEMENTS H.F. (1961): En "Plant Analysis and Fertilizers Problems". -- Amer. Inst. Biol. Sci.,Publ. 8,Washington D.C.,(Smith,1962)

- CLEMENTS H.F. (1964): En "Plant Analysis and Fertilizers Problems 4:90" Edits. Bould C., Prevot P, Magness J.R., Am. Soc. Hort. Sci. Humphey Press. Inc, N.Y. (Gauch, 1972).
- CLIFFORD D.R., HISLOP E.C. y SHELLIS, C. (1977): Pestic Sci 8:13. (Lamoureux y Frear, 1979).
- COCHRAN W.G. y COX G.M. (1980): "Diseños Experimentales". Editorial Trillas. México.
- COIC Y. (1971): En "Recent adv. in Plant Nutr". Vol 1, pag. 217. Edit.: Sanish R.M. Gordon and Breach Science Publishers, N.Y., Lond, París.
- COIC Y., LESAINT C., GRADJEAN M.(1963b): Annales Physiol. Veg., París, 5 (4): 293 (Van Egmond, 1975).
- COIC Y, LESAINT C.y LEROUX F.(1961): Annales Physiol. Veg., París. 3(3): 141.
- COIC Y, LESAINT C.y LEROUX F.(1962): Annales Physiol. Veg., París, 4 (2): 117 (Van Egmond, 1975).
- COIC Y., LESAINT C., PAPIN J.L. y GRANDJEAN, M. (1963a): Annales. Physiol. Ve., París 5 (2): 167 (Van Egmond, 1975).
- COIC Y, LESAINT C., PIOLLAT M.T. y LELANDAIS, M. (1969): Annales. Physiol. Veg. París, 11 (1): 5 (Van Egmond, 1975).
- COIC Y, LESAINT C, TENDILLE C y PAPIN J.L. (1963c): Annales Physiol. Veg., París, 5 (1): 19.
- COLLANDER, R (1959): En "Plant Physiology A Treatise". Vol II. New York - and London. Academic Press.
- COLLIER R.E. (1967): Hilger J 10:52
- COOIL B.J. (1948): Plant Physiol. 23:403
- COOIL B.J. y SLATTERY M.C. (1948): Plant Physiol 23: 425

- COOIL B.J. y SLATTERY M.C. (1948): Plant Physiol 23: 425
- COOK J.A. y KISHABA T. (1956): En "Plant Analysis and Fertilizer Problems". París: I.R. H.O. (Bould y col., 1960).
- COX, R.S. y WINFREE, J.F. (1957): Plant disease reporter 41: 755 (Chaboussou, 1980)
- CRAFTS, A.S. (1956): Hilgardia 26 (6): 287
- CRAFTS, A.S. (1961): "The Chemistry and mode of action of herbicides". - Interscience. Publishers.
- CRAFTS A.S. (1964): En "The Physiology and Biochemistry of Herbicides". Edit. Andus L.J., Academic Prees. London y N.Y.
- CRAFTS A.S. y FOY C.L. (1962): Residue Reviews 1:112.
- CRAFTS A.S. y YAMAGUCHI, S. (1958): Hilgardia 27 (16): 421.
- CRISP C.E. (1965): Ph D. Thesis. Univ. of Calif. Davis (Bukovac, 1976).
- CROOKE W.M. y KNIGHT A.M. (1962): Soil Sci. 93: 365.
- CROSBY D.G. (1969): Residue Reviews 25:1
- CROSBY D.G. (1973): Ann. Rev. Plant Physiol. 24: 467
- CUMMINGS G.A. y TEEL M.R. (1965): Agron. J. 57: 123
- CUNNINGHAM R.K. (1962): Chem. and Industry 22:2120
- CUNNINGHAM R.K. 1964a): J. Agr. Sci. 63 (1): 97
- CUNNINGHAM R.K. (1964b): J. Agr. Sci. 63 (1): 103
- CUNNINGHAM R.K. (1964c): J. Agr. Sci. 63 (1): 109
- CURRIER H.B. y DYBING C.D. (1959): Weeds 7:195
- DAHLQUIST R.L. y KNOLL J.W. (1978): Appl. Spect. 32 (1): 1
- DANNER J. y TING J.P. (1967): Plant Physiol. 42: 719.

- DAVID D.J. (1958): Analyst 83: 655
- DAVID D.J. (1959): Analyst 84: 536
- DAVID D.J. (1962): En "Modern Methods of Plants Analysis". Edits. Springer Verlag., Berlin, Vol. 5
- DAVIDSON J. (1952): Analyst 77: 263
- DAVIES P.J., DRENHAN D.S.H., FRYER J.D. y HOLLY K. (1967): Weed Res 7: 220.
- DAVIS F.S., BOVEY R.W. y MERKLE M.G., (1968): Forest Sci. 14:164 (Hull, 1970).
- DAVIS J.R., McMASTER G.M., CALLIHAN R.H., GADNER J.G. y McDOLLE R.E. --- (1974): Phytopathology 64 (11): 1404
- DAVIS J.R., MCHASTER G.M., CALIHAN R.H., NISSLEY, F.H. y PAVEK J.J. --- (1976): Phytopathology 66 (2): 228.
- DAVIS R.R. (1970): Agronomy 14: 130 (Jones, 1972).
- DAY B.E. y col (1968): "Principles of Plant and Animal Pest Control". -- Vol. 2. Weed Cont. Nat.Acad.Sci., Washington, D.C. (Hull, 1970).
- DEJONCKHEERE W.P. y KIPS R.H. (1974): J. Agric. Food Chem. 22 (6): 959
- DEKHUIJZEN H.M., VONK J.W. y KAARS SIJPESTEIJN A. (1971): En "Pesticides Terminal Residues". Int. Vn of Pure and Applied Chem-Symh., Edit., Tahari A.S. Tel-Aviv.
- DEKOCK P.C. (1955a): Soil Sci 79:167
- DEKOCK P.C. (1955b): En "Congr. Inst. Biochem., Resumés Communs, 3rd Congress", pag. 102. Bruselas (C.A. 51, 6790c).

- DEKOCK P.C. (1956): Ann. Botany (London) N.S. 20:133 (Dekock y col., - 1960).
- DEKOCK P.C. (1958): Agr. Progress 23:88
- DEKOCK P.C. (1964): Outlook en Agriculture 4 (2):93
- DEKOCK P.C. (1981): J. Plant Nutr. 3:513
- DEKOCK P.C. y HALL A. (1955): Plant Physiol. 30:293.
- DEKOCK P.C. HALL A.C. y INKSON R.H.E. (1979): Ann. bot. 43:737
- DEKOCK P.C., HALL A., INKSON R.H.E., LITTLE R.C. y CHARLESWORTH R.R., - (1974): Anal. Edaf. Agrobiol., XXXII (1-2):101.
- DEKOCK P.C., HALL A. y McDONALD M. (1960): Plant and Soil XII (2):128
- DEKOCK P.C., HSIEH H., BOGIN E Y WALLACE A. (1966): Phytion 23 (1):49
- DEKOCK P.C. e INKSON R.H.E. (1962): Plant and Soil XVII (2):183
- DEKOCK P.C. e INNES A.M. (1970): Canad. J. Bot. 48:1285
- DEKOCK P.C. y MORRISON R.J. (1958a): Biochem J. 70:266
- DEKOCK P.C. y MORRISON R.J. (1958b): Biochem J. 70:272
- DEKOCK P.C. y STRMECKI E.L. (1954): Phisiol. Plantarum 7:503
- DEL RE A.A., SILVA S. y FONTANA P. (1969): Agrochimica XIII (1-2):151
- DEL RIO L.A. GOMEZ M., YAÑEZ J., LEAL A y LOPEZ J. (1978): Plant and - Soil 49:343
- DEMETRIADES S.D. (1956): Nature 177:95
- DEMOLON A. (1966): "Principios de Agronomía". Vol. II. Edic. Omega. Bar celona.

- DEQUIDT J., ERB F., BRUCE A., COLEIN P., y RENARD C., (1977): Ann. Falsif. Exp. Chem. 70 (750):77 (C.A.-77, 110 410f).
- DE VILLIERS J.J. y BEYERS C.J. (1961): En "Plant Analysis and Fertilizers Problems 3:107". Amer. Inst. Biol. Sci., Whashington, D.C. (Smith, - 1966).
- DEWIT, C.T., DIJKSHOORN W. y NOGGLE J.C. (1963): Versl. Landbouwh. Onderz. N.R. 69.15.
- DEWITT K.V. (1953): En "Rep. Cacao Res. 1946-54, J.C.T.A. Trinidad (Lee-- ce, 1976).
- DIAS M.A., BRANDAO J., SILVA A y CONTREIRAS J. (1972): Agronomía Lusitana 33:185.
- DIAZ S. y FUENTES M. (1972): Tesis. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Católica de Chile.
- DIJKSHOORN W. (1958): Ned J. Agric. Sci. 6:211 (Lips y Ben-Zioni, 1971)
- DIJKSHOORN W. (1962): Nature 194:165
- DIJKSHOORN W. (1964): Jaarb. Inst. Biol. Scheik. Onderz. 1964:133.
- DIJKSHOORN W. (1971): En "Recent Advances in Plant Nutrition. Vol. II".- pag. 447. Edit: Samish R.M., Gordon and Breach Science Publishers. - N.Y., London, París.
- DIJKSHOORN W. (1972): En "3^{eme} Colloq. Int. Cont. Plant. Cult . Budapest.
- DIJKSHOORN W. (1973): En "Chemistry and Biochemistry of Herbage". Vol. II pag. 163. Edits: Butler G.W. y Bailly R.W., London.
- DIJKSHOORN W., LAMPE J.E.M. y VAN BURG P.F.J. (1960): Plant and Soil 13: 227.
- DIJKSHOORN W., LATHWELL D.J. y DEWIT C.T. (1968): Plant and Soil 29:369.
- DIJKSHOORN W. y VAN WIJK A.L. (1967): Plant and Soil 26:129.

- DIOS VIDAL R., y ALBAREDA J.M. (1954): Anal. Edaf. y Fisiol. Veg. XIII: 559.
- DIOS VIDAL R. y ALBAREDA J.M. (1954a): Anal. Edaf. y Fisiol. Veg. XIII: 339.
- DIXIT V.K. y KISHORE N. (1969): Indian J. Sci. Ind., Sect. A 3 (1):47 - (C.A. 73, 86806).
- DIRIMANOV M., y MATEEVA-RADEVA, A. (1975a): Grad. Lozar. Nauk. 12 (6):73
- DIRIMANOV M. y MATEEVA-RADEVA A (1975b): Grad. Lozarska Nauka 12:132.
- DOKIYA Y., YAMAMOTO Y., TODA S. y FUWA K. (1975): Spectrosc. Lett. 8:759
- DONEY R., SMITH R.L. y WIEBE H. (1960): Soil Sci. 89:269
- DORMAL S. (1960): Bull Inst. Agron. Stas. Rechercher Gembloux 3:1169 -- (C.A.-56, 9165i)
- DOTTI F (1964): En "1^{er} Colloq. Europ. Cont Nutr. Min et Fertiliz. Cult. Medit". Montpellier.
- DRAKE M., VENGRIS J y COLBY W G (1951): Soil Sci. 72:139
- DRIESSCHE Van den R. (1974): Botanical Review 40 (3):347
- DROSDOFF M. y LAGASSE F.S. (1950): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 56:5
- DROSDOFF M., POTTER G.F. y SHEAR, C.B. y CRANE H.L. (1954): En "Fruit Nutrition". Somerset Press Somerville, N.Y. (Smith, 1962).
- DUNCAN, C.W. (1955): En "Nutrition of Plants, Animals, and Man". Content-- nial Symp., Coll. Agr., Michigan State University, East Lansing, Mich. (Smith, 1962).
- DUNGARWAL H.S., MATHUR P.N. y SINGH H.G. (1974): Comm. Soil Sci. Plant - Anal 5:331
- DWIVEDI R. y RANCHAWA N.S. (1974): Plant and Soil 40:445

- DWIVEDI R.S. y TAKKAR P.N. (1974): Plant and Soil 40:173.
- EASTIN E.F. (1972): Weed Sci. 20:255
- EAVES C.A. y LEEPE S.S. (1955): J. Hort. Sci. 30:86 (Kwong, 1965)
- EBELING N. (1963): Residue Reviewa 3:35
- EBERLE D.O. y HOERMANN W.D. (1971): J. Ass. Offic. Anal. Chem. 54 (1):150
- EDDINGS J.L. y BROWN A.L. (1967): Plant Physiol 42:15
- EDGINGTON L.V. (1981): Ann. Rev. Phytopathol. 19:107
- EDWARDS C.A. (1975): Pure Appl. Chem. 42 (1-2):39 (C.A. 84, 70187 z).
- EDWARDS P.J. (1965): S. Af. J. Agr. Sc. 8:337
- EGLINTON G. y HAMILTON R.J. (1967): Science 156:1322
- EKPETE D.M. y CORNFIELD A.H. (1964): Analyst 89:670
- EL-LEBOUDI A., EL-KOBBIA T. y DAHROUG A.A. (1974): Egyht J. Soil Scit. --
14 (1):55
- ELLEN J. y SPIERTE J.H.J. (1975): Z. Acker-Pflanzenbam 141(3): 231 (C.A.
84, 57817 K).
- ELLIS B.G. (1966): En "Proc. Plant. Anal. Warkpop". Amer. Potash Inst., -
West Lafayette. Indiana.
- EL-RAFIE M.S. y EL-HENNAWIE(1961): Bull. Soc. Ent. Egyhte 45:387 (Chabou--
ssou, 1964).
- EMBLETON T.W., JONES W.W., KIRKPATRICK D., GREGORY-ALLEN D (1958): Proc. -
Am. Soc. Hort. Sci., 72:309 (Smith, 1962).
- EMBLETON T.W., JONES W.W., PLATT R.G. (1978): En "Soil and Plant-tissue -
Testing in California". Division of Agricultural Science Bulletin 1979.
University of California.
- EMBLETON T.W., LABANAUSKAS C.K., JONES W.W. y CREE C.B. (1963). Proc. -
Amer. Soc. Hort. Sci. 82:131.

- EMMERT E.M., (1935a): Plant Physiol. 10:355.
- EMMERT E.M., (1935b): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 32:604 (Molina-Diaz, 1982).
- EMMERT F.H., (1959): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci, 73:521 (Smith, 1962).
- EMMERT F.H., (1961): En "Plant Analysis and Fertilizers Problems 3:241" Edit.: Reuther W., Amer. Inst. Biol. Sci., Washington, D.C. (Bar- - Akiva, 1970).
- ENGELSMA G., (1972): Plant Physiol. 50:599
- EPSTEIN E., (1971): Agron.J. 63:664
- ERKAMA J. (1959): Lotsya 3:53 (Dekock e Inkson, 1962)
- ERMAKOV V.V.m (1974): Vestn. Sel'shokhoz. Nauki karz. 17 (4):42 (C.A. 81, 115588 m).
- EROFEEYEVA, L.A. (1972a): Zashita Rast. 35:91
- EROFEEYEVA L.A. (1972b): Zashita Rast. 35: 163
- ESSER H.O., MUCKE W., ALT K.D. (1968): Helv. Chim. Acta 51:513. (Dejonche ere y Kips., 1974).
- ESSER H.O. y MULLER P.W. (1966): Experientia 22:36 (Dejonckheere y Kips, 1974).
- ESTEBAN E. (1975): Anal. Edaf. Agrob. XXXIV:623
- ESTEBAN E. (1976): En "Volumen Homenaje D. Luis Recalde". Est. Exp. Zai-- din., C.S.I.C. Granada.
- ESTEBAN E. (1982): Anal. Edaf. Agrob. XLI (7-8):1459
- ESTEBAN E. Y AGUILAR A. (1976): En "4^{eme} Colloq. Int. Contr. Aliment. -- Plant. Cult.". Vol I. Pag. 219. Gante (Belgica)
- ESTEBAN E., GALLARDO F., ROBLES J. y AZCON M.(1980). En: "5^{eme} Colloq. -- Int. Contr.Aliment.Plant.Cult". Vol.II. C stellfranco-Veneto.

- FAHN A., (1974). "Anatomía Vegetal". Edic. H. Blume. Madrid.
- FAO (1976): Boletín de Suelos núm. 17
- FEDTKE C y SCHMIDT R.R, (1977): Weed Res. 17:233 (Lamoureaux y Frear, - 1979).
- FERNANDEZ F.G. (1966): Cent. Edaf. Biol. Veg. Segura. Vol. VI, núm. 177.
- FERNANDEZ O.A. (1968): Ciencia e Investigación 24 (12):547
- FERNANDEZ S. (1974): Tesis doctoral. Esc. Tecn. Sup. Ing. Agron. Madrid.
- FERREE D.C. (1978): Hort Science 13 (6):650
- FISHER E.G. y KWONG S.S. (1961): Proc. Amer Soc. Hort. Sci. 78:16
- FOGG G.E. (1947): Proc. Roy. Soc. Ser. B. 134:503
- FOGG G.E. (1948): Discuss. Faraday Soc. 3:162 (Bukovac, 1976)
- FORD R.E. y FURMIDGE C.G.L. (1967a): Monograph Soc. Chem. Ind. 25:417
- FORD R.E. y FURMIDGE C.G.L. (1967b): J. Sci. Food Agr. 18:419
- FORSYTH F.R. (1954): Nature nº 4409:827
- FRANKE W. (1961): Amer. J. Bot. 48:683
- FRANKE W. (1964a): Nature 202:1236
- FRANKE W. (1964b): Planta 63:279
- FRANKE W. (1964c): Planta 63:1 (Fernandez, O.A., 1968).
- FRANKE W, (1967): Ann. Rev. Plant. Physiol. 18:281
- FRANKE W. (1970): Pestic Sci. 1:164
- FRANKE W. (1971): Residue Rev. 38:81
- FREAR D.S. (1976): En "ACS Symposium Series nº 29. Bound and Conjugated - Pesticide Residues". Edit.: Kaufman D.D., Still G.G., Paulson G. D.y Bandel S. K.)

- FREAR D.S y STILL G.G. (1968): *Phytochem.* 7:913
- FREAR D.S. y SWANSON H.R. (1970): *Phytochem.* 9:2123
- FREDD V.H. y MONTGOMERY M. (1958): *Weeds* 6:386
- FREDD V.H., REITHEL F.J. y REMMERT L.F. (1961): En "Plant Growth Regulation". Iowa State Univ. Press, Ames (Wort, 1964)
- FREHSE H. (1971): En "Terminal Residues of Organophosphorus Insecticides in Plants". *Pesticide Terminal Residues*. Butterworths. London.
- FUDGE S.R. (1939): Univ. Agr. Expt. Stas. (Gainesville), Florida, Bull. 331 (Smith, 1962).
- FUHR F. (1978): En "Indo-German Seminar on Management of Pesticide Application in Agriculture". Bhabha Atomic Research Center. Bombay.
- FUKAMI J.I. (1977): *Pharmac. Ther.* 10:473
- FULTS J.L., PAYNE M.G., GASKILL J.D., HAC L.R. y WALKER A.C. (1951): *Bot. Gaz.* 113:207 (C.A. 46, 4159 g).
- FURMIDGE C.G.L. (1959): *J. Sci. Food Agric.* 10:274
- FURMIDGE C.G.L. (1962a): *J. Sci. Food Agric.* 13:127
- FURMIDGE C.G.L. (1962b): *J. Colloid Sci.* 17:309
- GALIANO SEDANO F., (1971): Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.
- GALLAHER R.N. (1975): *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 6:315
- GALLO J.R., MOREIRA S., RODRIGUEZ O. y FRAGA G.: *Bragantia* 19 (16): 229 - (Smith, 1966).
- GARMAN P., KIERSTEAD L.G. y MATHIS N.T. (1953): *Conn Agric. Exp. Sta. Bull* 576 (Ross y Webster, 1976).
- GAST P.R. (1937): *Statens Skogsforsohsenst (Sweden) Meddel* 29 (7): 587 -- (Driessche Van der, 1974).

- GAUCH H.G. (1972): "Inorganic Plant Nutrition" Dowden, Hutchensen y Ross, Inc. Straudsburg, Pensilvania.
- GERALDSON C.S., KLAGAN G.R. y LORENZ O.A. (1973): En "Soil Testing and - Plant Analysis". Edit.: Walch L.M. y Beaton J.D. Soil Sci. Soc. Amer. Inc madison. Wisconsin
- GARGAYA M.S. y BEZHAIÐZE A.A. (1977): Khim. Sel'sk khaz. 15 (3): 75 (C.A. 86, 184522b).
- GERSTENFELD H. (1962): Land wirtsch. Farsch. 15:64 (varju, 1972).
- GERTIG H. y SZAJKOWSKIZ (1981): Bromatol Chem. Toksy Kol. 14 (2): 149 -- (C.A. 96, 137800 n).
- GILBERT S.G., SHEAR C.B. y GROPP C.M. (1951): Plant Physiol. 26: 750
- GIORDANO P.M. y MORTVEDT J.J. (1980): En "Zinc in the Environment, Part II, Health Effects". Edit.: Nriagu J.O. Wiley and Sons, Inc. N.Y.
- GLADILOVICH B.R. y GUDKOVA G.V. (1971): Zah. Leningr. Sel'skakhaz. Inst. 160:32 (C.A. 77, 1642 n).
- GLADILOVICH B.R. y KONOVA V.M. (1971): Zah. Leningrad. Sel'shokhaz. Inst. 160:27 (C.A. 76, 122877 f).
- GOMAA E.A.A. (1978): Actes Congr. Comparés Phosphores, 1st 1977 (Pub.1978) (C.A. 89, 54719x).
- GONZALEZ C. (1973): Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.
- GONZALEZ C., y CARRASCO L.M., LACHICA M. (1981): En "III Simposio Nacional de la Ciencia del Suelo". Sociedad Chilena de la Ciencia del Suelo.
- GONZALEZ C., IOANNES A. y LACHICA M (1972): Anal. Edaf. Agrob. XXXI (7-8): 543.
- GONZALEZ F., GARCIA A.M. y CHAVES M. (1967): Anal. Edaf. Agrobiol. XXVI - (1-4):733

- GONZALEZ F., GARCIA A.H., CHAVES M. y MAZUELOS C. (1968): En "II Col. Europ. y Medit. Contr. Plant. Cult." pag. 189. Sevilla.
- GONZALEZ F., GARCIA A.H., CHAVES M., y MAZUELOS C., (1970a): Anal. Edaf. Agrobiol. XXIX (5-6):317.
- GONZALEZ F., GARCIA A.M., CHAVES M. y MAZUELOS C., (1970b): Anal. Edaf. - Agrobiol. XXIX:683.
- GOODALL D.W. (1943): J. Pomol. 20:136 (Steyn, 1959).
- GOODALL D.W. y GREGORY F.G. (1947): Imp. Bur. Hort. Plant. Crops. Tech. - Com. 17 (Smith, 1962).
- GORSUCH T.T. (1959): Analyst 84:135.
- GORSUCH T.T. (1962): Analyst 87:112
- GORSUCH T.T. (1970): "The destruction of organic matter". Vol. 39. Int. - Series of monographs in Analytical Chemistry". Pergamon Press.
- GRANT C.L. y MACNAUCLAIN D.J. (1968): Appl. Spectrosc. Abstr. 22 (4):365
- GRASMANIS V.O. y LEEPER G.W. (1966): Plant and Soil 25:41.
- GREENE D.W. y BUKOVAC M.J. (1971): J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96:240.
- GREENE D.W. y BUKOVAC M.J. (1974): Amer. J. Bot. 61:100.
- GREENHILL W.L. (1959): J. Sci. Food Ag 10:425.
- GREENHILL W.L. (1960): J. Brit. Grassland Soc 15:48 (Allen y col., 1974).
- GREIG J.K. y ASIF M. (1971): Proc. N. Cent. Weed Contr. Conf. 26:99 (C.A. 77, 44243a).
- GROSCLAUDE C. (1969): Rev. Zool. Agric. Path. Veg. 1-3:26
- GUIA DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS 78(1978): Ver Martinez Cano-Manuel y col.
- GUMBS F.A. (1966): Proc. Brit. West Indies Sugar Tech 1:133. (C.A. 68, -- 68052c).

- GUNTHER F.A., (1969): Res. Rev. 28:1
- GUPTA U.C., (1968): Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 32:45.
- GUZMAN M., URRESTARAZU M. y ROMERO L. (1984): J. Plant. Nutr. 7 (1-5):117.
- HALAIS P. (1951): Rev. Agric. 30:222.
- HALIM A.H., WASSON C.E. y ELLIS R. (1968): Agron. J. 60:267.
- HALL A.D. (1905): J. Agric. Sci. 1:65 (Ulrich, 1948).
- HALL D.M. y JONES R.L. (1961): Nature 191:95.
- HALL R.J. y GUPTA P.L. (1962): Analyst 94:292.
- HAMILTON E.J., MINSKI M.J., y CLEARY J.J. (1967): Analyst 22:257.
- HAMZE M. y WACQUANT J.P., (1984): En"VI^{eme} Colloq. Int. Optim. Nutr. -- Plant.". Montpellier. Actes Proc. Vol 0, pag. 56.
- HANCE R.J. (1981): Residue Reviews, Vol. 78.
- HARIVANDI M.A. y BUTLER J.D. (1980): Hortc. Sci. 15:496.
- HARRISON M., y ANDRE C. (1969): Applied Spectroscopy 23:54.
- HARTMANN N. (1979): Erwebsobstbau 21:118 (Martín-Prevel y col., 1984).
- HASKIN L. y ZIEGE K.E. (1971): En: "Instrumental Methods for Analysis of Soils and Plant Tissue". Edit.: Nalch L.M., Soil Sci. Soc. Amer., -- Inc. Madison, Wisconsin.
- HASSAL K.A. (1969): "World Crop Protection". Vol. 2. Pesticides". Iliffe Books Ltd. London.
- HATCHER J.T. (1960): Anal. Chem. 32:726.
- HAYAISHI O., y NOZAKI M. (1969): Science 164:389.
- HEANES D.L. (1981): Analyst 106:172.
- HECKMAN M. (1970): J. Ass. Off. Anal. Chem. 53:923.

- HELLER R., (1981): "Abregé de Physiologie Végétale. I. Nutrition". Masson Edit., París.
- HELLIN E., (1977): Anal. Edaf. Agrob. XXXVI:487.
- HELLIN E., AMOR F., TORRECILLAS A. y LLORENTE S. (1980): 5^{eme} Colloq. Int. Contr. Alim. Plant. Cult. Vol. II. pag. 758. Castelfranco Veneto.
- HELLIN E., y RAGA A. (1976): En "4^e Collo. Int. Contr. Aliment. Plant. Cult." Vol. I. pag. 421. Gante.
- HENDERSON J.F. y CLEMENTS R.O. (1974): J. Br. Grossl. Soc. 29 (3):185 - (C.A. 83, 2165 v).
- HEWITT E.J. (1948): Am. Rept Long Ashton Research Sta., pag. 66 (O'Sullivan, 1969).
- HEWITT E.J. (1957): En "Plant Analysis and Fertilizer Problems". Edit.: Prevot P., J.R.H.O. París (Bould, 1966).
- HEWITT E.J. (1958): En "Encyclopedia of Plant Physiol." Vol. IV, pag.427, Edit.: Ruhland W. Springer-Verlag. Berlín.
- HEWITT E.J. (1963): En "Plant Physiology". Vol. III. pag. 137. edit. -- Steward F.C. Academic Press, N.Y.
- HEWITT E.J., JONES E.W. y WILLIAMS A.H. (1949): Nature No. 1163:681.
- HIATT A.J. (1967): Plant Physiol. 42:294.
- HIBBARD A.D. y NOUR M. (1959): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 73:33.
- HIGDON R.J. (1957): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 69:101 (Mehrotra y col., 1976).
- HILBORN M.T., BOULANDER L.W. y COOPER G.R. (1958): Plant Dis. Rep. 42: 776 (Ross y Webster, 1976).
- HILL J. (1976): Proc 28th Annual Calif. Weed Conf. pag. 16. San Diego.- California. Jan. 19th Thru 21st 1976.

- HILL H., DURKEE A.B., HEENEY H.B. y WARD G.M. (1954): Can J. Plant. Sci., 34:644.
- HILLS F.J., ULRICH A., (1978): En "Soil and Plant-Tissue Testing in California". Div. Agric. Sci., Univ. Calif., Bull. No. 1879, pág. 18.
- HOAGLAND D.R. y BROYER T.C. (1936): Plant Physiol. 11:471.
- HOAGLAND R.E. y GRAF F.G., (1972): Weed Sci., 20:303.
- HOFFMAN F. (1967): Albrecht-Thaer Archiv. 11:503. (Varju, 1972).
- HOFFMAN M. y SAMISH R.M. (1971): En "Recent Advances in Plant Nutrition". Vol. I, pág. 189. Edit.: Samish R.M., Gordon and Breach Science Publishers, N.Y., London.
- HOFFMAN M.B. (1935): J. Proc. Amer. Hort. Soc. 33:173 (Mildward y col., - 1974).
- HOLLEY R.W. y CAIN J.C. (1955): Science 121:172.
- HOLLOWAY P.J. (1969a): J. Sci. Food Agric 20:124.
- HOLLOWAY P.J. (1969b): Ann. Appl. Biol. 63:145.
- HOLLOWAY P.J. (1970): Pestic. Sci. 1:156.
- HOLLY K. (1964): En "The Physiology and Biochemistry of Herbicides". Edit.: Andus L.J. Academic Press.
- HOMES M., (1961): "L' Alimentation minérales équilibrée des vegetaux". - Universa-Wetteren (Belgique).
- HOOD S.L., PARKS R.Q. y HURWITZ C. (1944): Ind. Eng. Chem., Anal. Ed. 16: 202.
- HORICKOVA B. (1976): Acta Inst. Bot. Acad. Sci. Slovaca, Ser B. 1:403 - (C.A. 91, 103302h).
- HORICKOVA B. y HASPELOVA-HORVATOVICOCA A. (1975): Pol'nehospodarstvo 21 (11-12):963.

- HORSFALL J.G. (1956): "Principles of Fungicidal Action". Chronica Botanica Co. San Francisco. California. (Powell y Shurtleff, 1976).
- HORSFALL J.G. (1957): Adv. Pest. Control Res. I:193 (Hassall, 1969).
- HORSFALL J.G., HOLLIS J.P. y JACOBSON H.G.H. (1954): Phytopathology - 44:19.
- HOUBA V.J.G., VAN EGMOND F. y WITTICH E.M. (1971): Neth. J. Agric. Sci. 19:39.
- HSU W.P., y MILLER G.W. (1968): Biochem. Biophys. Acta 151:711 (Miller y col., 1984).
- HUBER D.M. (1978): En "Plant Disease: An Advanced Treatise". Edits.: - Horsfall J.G. y Cowlings E.B. Vol. 3, pág. 163. Academic Press. N.Y.
- HUGHES R.E. y FREED V.H. (1961): Weeds 9 (1): 54.
- HULL H.M. (1970): Residue Reviews Vol. 31, Springer-Verlag, Berlín.
- HYLTON L.O., ULRICH A. y CORNELIUN D.R. (1967): Agron. J. 59:311.
- HYRE R.A. (1939): Mem. Cornell Univ. Agric. Exp. Stn. 1939 (Milward y -- col., 1974).
- ILEY J.R. y FISKELL J.G.A. (1964): Proc. Florida State Hort. Soc. 77:1. (C.A. 64, 8864d).
- ILJIN W.S. (1943): Ber. Deut. Botan. Ges. 61:138 (Iljn, 1951a).
- ILJIN W.S. (1951a): Plant and Soil III (3):239.
- ILJIN W.S. (1951b): Plant and Soil III (4), 339.
- ILJIN W.S. (1952): Plant and Soil IV (I):11.
- ILJIN W.S. (1953): Agronomía Tropical 3:175.
- ISAAC R.A. y JONES J.B. (1972): Com. Soil. Sci. Plant Anal. 3 (3):261.
- ISAAC R.A. y KERBER J.D. (1971): En "Instrumental Methods for Analysis

- of Soils and Plant Tissue". Edit. Walsh M. Soil. Sci. Soc. Amer., -
Madison, Wisconsin.
- ISHIZUKA Y. y ANDO T. (1968): Soil Sci. Plant Nutr. 14 (5):201.
- IWAN J. (1976): En "ACS Symposium Series, no. 29. Bound and Conjugated -
Pesticide Residues". Edits.: Kaufman D.D., Still G.G., Paulson G.D. y
Bandal S.K.
- JACKSON M.L. (1958): "Soil Chemical Analysis". Prentice-Hall, Inc. Engle
wood Cliffs, N.Y.
- JACKSON N.A. y COLEMAN N.T. (1959): Soil Sci., 87:311.
- JACOBSEN L. (1955): Plant Physiol. 30:264.
- JACOBSON L. (1945): Plant Physiol. 20:233.
- JACOBSON L. y ORDIN L. (1954): Plant Physiol. 29:70.
- JAGIRDAR H.S. y SINGH G. (1973): J. Res. Punjab. Agric. Univ. 10:213.
- JAIME S. y ESTEBAN E. (1977): Anal. Edaf. Agrob. XXXVI: 1265.
- JANSEN L.L. (1964): Weeds 12 (4):251.
- JANSEN L.L. (1965): Weeds 13 (2):123.
- JAISWALL S.P., SAIMBHI M.S., KAUR G. y NAND PURI K.S. (1975): Abtrs. Symp.
Recent Advances in P.. Sci. Held at Kalyani (Saimbhi y col., 1979).
- JEDZELOVSKY J., GRECA B., ADAM J. y POLACEK M. (1975): Agrochemia (Bratis
lava) 15:84 (Zelená, 1977).
- JENSEN H.L. y LAMM C.G. (1961): Acta Agric. Scand 11:63.
- JEPPSON L.R. y GUNTHER F.A. (1970): Res. Rev. 33:101.
- JOHNSON C.M. y ULRICH A. (1959): Calif. Agr. Exp. Bull. 766.
- JOHNSON R.E., JACKSON P.C. y ADAMS H.R. (1963): Plant Physiol. 38, XXV.
- JOHNSTONE D.R. (1973): En "Pestic. Formulation 1973" (C.A. 80, 23397a).
- JONES J.B. (1963): En "Proc. 23rd Annual Corn Sorghum Res. Conf., Pub.nº23,
Washington D.C. (Jones, 1972)

- JONES J.B. (1969): J. Assoc. Off. Anal. Chem. 52:900
- JONES J.B. (1972): En "Micronutrients in Agriculture". Edits.: Mortvedt J.J., Giordano P.M. y Lindsay N.L. Soil Sci. Soc. Amer. Inc., Madison, Wisconsin.
- JONES J.B. (1974): Georgia Coop. Ext. Serv. Bull. 735.
- JONES J.B. (1976): Amer. Lab. 8:15.
- JONES J.B. (1977): Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 8 (4):349.
- JONES J.B. (1978): Proc. 8th Int. Colloq. Plant Anal. Fertil. Problems., Auckland, New-Zeeland, August 28-1 Sept., 1978. Edits: Ferguson A.R. Bisleski R.L. y Ferguson J.B.
- JONES J.B. y HAGHIRI F. (1963): Ohio Agric. Exp. Sta., Res. Cir. 116 (Munson y Nelson, 1973).
- JONES J.B. e ISAAC R.A. (1969): Agric. J. 61:393.
- JONES J.B. e ISAAC R.A. (1972): J. Agric. Food Chem. 20:1292
- JONES J.B., LARGE R.L., PFLEIDERER D.B., y KLOSKY H.S. (1971): Crops Soils 23:15.
- JONES J.B. y WEAVER C.R. (1971): Jarrel-ash Div., Fisher Sci. Co. Reprint No. 68 (Varju, 1972).
- JOOSTE J.H. (1965): S. Afr. Tydskr. Landbouwet 8:899.
- JORGOVIC-KREMZER J. (1975): Agrohemija (9-10):357.
- JORGOVIC-KREMZER J. (1976): Agrohemija (5-6):233.
- JOSEPH K.T. y col., (1968): Atomic. Abs. News letter 7:25 (Varju, 1972).
- JUNIPER B.E. (1959): Endeavour 18:20 (Bukovac, 1976).
- JURION R. (1968): Chim. Anal. 50:325.
- JYUNG W.H. y WITTWER S.H. (1965): Agric. Sci. Rev. 3:26.
- KABIR S.M.H. y KHAN M.H. (1970): J. Econ. Entomol. 65 (4): 1179.

- KALENICH F.S. y AL'SHEIKH Kh.A. (1979): Lla Raksti 176:127 (C.A. 92, -- 192283 p).
- KAMAL A.L. y WOODBRIDGE C.G. (1960): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 76:68
- KAROV S. (1971a): Nauchni Trudove, Vissh Selskostopanski Inst. "Vasil Kolarov" 20 (3):107.
- KAROV S. (1971b): Nauchni Trudove, Vissh Selskostopanski Inst. "Vasil Kolarov" 20 (3):113.
- KAROV S. (1972): Nauch. Trudov., Vissh. Selskost. Inst. "Vasil Kolarov" . 21 (3):127.
- KASUGA Y., SUGITANI A. y YAMADA F. (1977): Gifu-ken Eisei Kenkyusho H. -- 22:39 (C.A. 90, 85412s).
- KATYAL J.C. y SHARMA B.D. (1980): Plant and Soil 55:105.
- KAUFMAN D.D. (1974): En "Pesticides in Soil and Water". Edit.: Guenzi W.D., Soil Sci. Soc. Amer. Inc, Madison, Wisconsin.
- KAUFMAN D.D. y KEARNEY P.C. (1976): En "Herbicides: Physiology, Biochemistry, Ecology", 2nd ed., Vol. 2. Edit: Andus L.J. Academic Press. London.
- KAUFFMAN D.D., STILL, G.G., PAULSON G.D. y BANDAL S.K. (Edits, 1976): ACS Symp. Ser. No. 29, Amer. Chem. Soc., Washington, D.C.
- KENWORTHY A.L. (1949): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 54:47 (Smith, 1962).
- KENWORTHY A.L. (1960): En "Proc. 36th. Ann. Mtg., Council on Fertilizer -- Application". The National Plant Food Inst., Washington, D.C. (Jones, 1977).
- KENWORTHY A.L. (1964): En "Fruit, nut, and plantation crops, deciduous and evergreen: A guide for collecting foliar samples
- KENWORTHY A.L. (1967): En "Soil Testing and Plant Analysis". Vol. II. SSSA. Special Publ. Series No 2, Soil Sci. Soc. Amer, Madison, Wisconsin.

- KENNORTHY A.L., MILLER E.J. y MATHIS W.T. (1956): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 67:16.
- KELLER Von Th (1964): Sonder Anz. Schadling XXXVII (6):87.
- KESSLER E. (1957): Planta 49:435.
- KHADR A.H., DEKOCK, P.C. y WALLACE A. (1966): En "Current Topics in Plant Nutrition". Edit. Wallace A. Los Angeles.
- KHASIMOV Kh.Kh. (1969): Gig. Primen. Toksikol. Pestits. Klim. Otravl. - 7:64 (C.A. 76, 95631 n).
- KHASIMOV, Kh. Kh. (1970): Gig Usloviyahh Zharhogo Klimata 1970:82. (C.A.76, 23874 w).
- KILGORE W.D. (1964): En "Analytical Methods for Pesticides Plant Growth -- Regulators and Food Additives Vol. III. Pag. 107. Edit.: Zweig G. -- Academic Press. N.Y.
- KIRKBY E.A., ARMSTRONG M.J. y LEGGETT J.E. (1981): J. Plant Nutr. 3 (6):955.
- KIRKBY E.A. y DEKOCK P.C. (1965): Z. Pflanzenahr Düng-Bodenk 111:197 (Mun--son, 1968).
- KIRKBY E.A. y MENGEL K. (1967): Plant Physiol. 42:6.
- KIRKBY E.A. y PILBEAM D.J. (1984): Plant, Cell and Environment 7:397.
- KIRKPATRICK J.D., VAN GUNDY S.D. y MAI W.F. (1964): En "Plant Analysis and Fertilizer Problems IV". Edits. Bould C., Prevot P, y Magness J.R. -- Amer. Soc. Hort. Sci. (Bould, 1966).
- KIRKWOOD R.C. (1977): En "Herbicides and Fungicides. Factors affecting -- their activity". Edit.: McFarlane N.R., Special Publication No. 23. - The Chemical Scociety. Burlington House, London.
- KIRKWOOD R.C., DALZIEL J., MATLIB A. y SOMERVILLE L. (1972): Pestic Sci. - 3:307.

- KISELEVA Yu.V. (1973): Tr. Sarat. S-kh Inst. 26:40 (C.A. 82, 39250 z).
- KLIEWER W.M. y COOK J.A. (1971): J. Amer. Soc. Hort. Sci. 96:581.
- KLOPPING J.L. y VANDERKERK C.J.M. (1951): Rev. Trav. Chim. 70:949. (Albrecht, 1979).
- KNEZEK B.D. y MAIER R.H. (1966): J. Agric. Food Chem. 14:266. (Chaney, 1984).
- KO W.H. y HORA F.K. (1971): Soil Sci. 112:276.
- KOCH O.G. y KOCH-DEDIC G.A. (1964): "Handbuch der Spurenanalyse. Springer-Verlag. Berlín. (Nangniot, 1970).
- KOIRTYOHANN S.R. (1980): Spectrochim. Acta 35B, 663.
- KONOVA V.M. (1971): Zap. Leningrad. Sel'skokhoz. Inst. 156:143 (C.A, 78, 53902 n).
- KONOVA V.M. (1972): Zap. Leningrad. Sel'skokhoz. Inst. 200:32 (C.A. 81, - 46431 n).
- KONOVA V.M. (1973): Zap. Leningrad. S-kh Inst. 212:101 (C.A. 84, 72962 x).
- KONOVA V.M. (1974): Zap. Leningrad. S-kh Inst. 239:52 (C.A. 86, 84451j).
- KOO R.C.J. y SITES J.W. (1956): Proc. Amer. Ser. Hort. Sci. 68:245 (Smith, 1962).
- KOONTZ H.V. y FOOTE R.E. (1966): Physiol. Plantarum 14:313.
- KORITZ H.G. y WENT F.W. (1953): Plant Physiol. 28:50.
- KOSTIC M., DIJKSHOORN W. y DEWIT C.T. (1967): Neth. J. Agric. Sci. 15:267.
- KOTETSOV P., y KOTSEV K., (1972): Gradinar. Lozar. Nauka. 9 (7):59. (C.A. 79, 20088 q).
- KOVACSIK G., y LAPORTE J., (1969): "Laboratoire de la C.N.A.B.R.L.". (Laporte y Kova sik, 1971).

- KOVALENKO V.F. (1969): Vest. Sel'-hoz. Nauki 14(11):70 (Leece,1976)
- KOWALCZUK J. (1970) : J. Ass. Off. Anal. Chem 53:926
- KRALOVIC J. (1976) : Acta Inst. Bot. Acad. Sci. Slovaca, Ser.B 1:349 -
(C.A. 91, 152378w)
- KRETSCHMER A.E. y RANDOLPH J.W. (1954): Anal. Chem. 26:1862
- KRUEGER A.P.,KOTAKA S. y ANDRIESE P.C. (1964): Int. J. Biometeor.8:5 --
(O'sullivan,1969)
- KRUG H.,WIEBE H.J. y JUNGK A. (1972): Zeit Pflanzenr. Bodenk. 133:213 -
(Kirkby y Pilbeam,1984)
- KRUSTEV K.,TAFRADZHIISKI I.,NAROV B. y KAROV S. (1978): Nauchni Tr. Vis-sh. Selskostop. Inst."Vasil Kolarov",Plodiv 23(2):101 (C.A. 91, --
118274z)
- KRUSTEVA M. (1967): Gradina. Loz. Nauk. 4(3):31 (C.A. 67,99121h)
- KUBOTA J. y LAZAR V.A. (1971): En"Instrumental Methods for Analysis of-
Soils and Plant Tissue". Edit.: Walsh L.M.,Soil Sci. Soc. Amer.,Inc.
Madison,Wisconsin.
- KUC J. (1982): En "Active Defense Mechanisms in Plants". Edit.:Wood R.K.
S. (Plenum Publishing Corporation)
- KUHR R.J. (1970): J. Agric. Food Chem. 18(6):1023
- KURCHATOV P.A. (1940): Khim. Referat. Zhur. 2:54 (Macklon y Dekock,1967)
- KWONG S.S. (1965): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 86:115
- KWONG S.S. y BOYNTON D. (1959): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 73:168
- KWONG S.S. y FISHER E.G. (1962): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 81:168
- LABANAUSKAS C.K. (1966): Science 89:201
- LABANAUSKAS C.K. y HANDY M.F. (1970): J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95:218 -
(Navarro y col.,1976)

- LABANAUSKAS C.K., JONES W.W. y EMBLETON T.W. (1959): Proc. Amer. Soc. -- Hort. Sci. 74:300 (Smith, 1962)
- LABANAUSKAS C.K. y PUFFER R.E. (1964): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 84: 158
- LABANAUSKAS C.K., STOLZY L.H., KLOTZ L.H. y DEWOLF T.A. (1965): Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29:60
- LABASTIDE J.G.A. y VAN GOOR C.P. (1978): Plant and Soil 49(1):1
- LACHICA M. (1964): En "1^{er} Coll. Europ. Contr. Nutr. Miner. Fertl. Vit. Arb et Cult. Meditt.", Montpellier.
- LACHICA M. (1964a): Analyst 89:61
- LACHICA M. (1967): Agrochimica XI(2):132
- LACHICA M. (1976): En "4th Coll. Int. Contr. Aliment. Plant Cult.", Vol.2, Gante.
- LACHICA M. (1980): Proc. 3^{er} Congreso Nacional de Química. Sevilla.
- LACHICA M., AGUILAR A. y GONZALEZ C. (1967): Agrochim. XI:571
- LACHICA M., AGUILAR A. y YAÑEZ J. (1973): Anal. Edaf. Agrobiol. XXXII -- (11-12):1153
- LACHICA M. y MONTESINOS R. (1961): Anal. Edaf. Agrobiol. XX:167
- LACHICA M., RECALDE L. y ESTEBAN E. (1965): Anal. Edaf. Agrobiol. XXIV -- (9-10):589
- LACHICA M. y ROBLES J. (1974): Anal. Edaf. Agrobiol. XXXII(1-2):91
- LACHICA M. y SANCHEZ-ALONSO F. (1980): En "5^{eme} Coll. Int. Contr. Alim. Plant Cult.", Castellfranco-Veneto.
- LAGATU H. y MAUME L. (1934): Ann. Ecole Natl Agric. Montpellier 22:257 (Yañez, 1969)

- LAMOUREUX G.L. y FREAR D.S. (1979): En "ACS Symposium Series, Nº97" Edits.: Paulson G.P., Frear D.S. y Marks E.P.
- LAMOUREUX G.L., SHIMABUKURO R.H., SWANSON H.R. y FREAR D.S. (1970): J. -- Agric. Food Chem. 18:81
- LANDSBERG E. Ch. (1981): J. Plant Nutr. 3(1-4):579
- LANGE A.H., EHRLER W.L. y HAMNER K.C. (1959): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 73:349
- LAPORTE J. y KOVACSIK G. (1971): En "Spectrométrie d'absorption atomique. Applications a l'analyse chimique". Tomo II. Edit.: Mason y C^{ia}.
- LAPORTE J., KOVACSIK G. y BELLANGER J. (1971): En "Spectrométrie d'absorption atomique. Applications a l'analyse chimique". Tomo II. Edit.: Mason y C^{ia}.
- LAWTON K. (1945): Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 10:263 (Munson y Nelson, 1973)
- LEECE D.R. (1975): Austr. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 15:118
- LEECE D.R. (1976a): J. Austr. Inst. Agric. Sci. 42(1):3
- LEECE D.R. (1976b): Austr. J. Plant Physiol. 3:833
- LEECE D.R., CRADOCK F.W. y CARTER O.G. (1971): J. Hort. Sci. 46:163
- LEECE D.R. y KENWORTHY A.L. (1972): Austr. J. Biol. Sci. 25:641
- LEEPER G.W. (1941): Soil Sci. 63:79 (Iljin, 1953)
- LEGGETT G.E. y WESTERMAN D.T. (1973): J. Agric. Food Chem. 21:65
- LEHNINGER A.L. (1982): "Bioquímica". Ediciones Omega. Barcelona.
- LEKVEISHVILI N.I. (1971): Subtrop. Kul't 3:168 (C.A. 77, 1517a)
- LEKVEISHVILI N.I. (1974): Tr. Nauchno-Issled Inst. Zashch. Rast (Tiflis) 26:167 (C.A. 84, 85227m)
- LEKVEISHVILI N.I. (1975): Tr. Nauchno-Issled Inst. Zashch. Rast. (Tiflis) 27:271 (C.A. 87, 34165u)

- LI C.C. (1977): "Introducción a la estadística experimental". Ediciones Omega. Barcelona.
- LIEBIG J. (1840): "Chemistry in its application to agriculture and physiology". Peterson, Philadelphia. (Gauch, 1972)
- LIEBIG J. (1855): "Die grundsätze der agricultur-chemie mit rucksicht auf die in England angestellten untersuchungen. F. Vieweg und sohn, Braunschweig. Germany (Gauch, 1972)
- LIKENS G.E. y BORMANN F.H. (1970): Bull. Yale Univ. Sch. Nº79 (Allen y col., 1974)
- LILLELAND O. y BROWN J.G. (1941): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 38:37
- LINDNER R.C. y HARLEY C.P. (1944): Plant Physiol. 19:420
- LINGLE J.C. y HOLMBERG D.M. (1957): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 70:308 (Smith, 1962)
- LINGLE J.C., TIFFIN L.O. y BROWN J.C. (1963): Plant Physiol. 38:71
- LINSKENS H.F. (1952): Planta 41:40
- LINSKENS H.F., HEINEN W. y STOFFERS A.L. (1965): Residue Reviews 8:136
- LIPS S.H. y BEN-ZIONI A. (1971): En "Recent Advances in Plant Nutrition". Vol. 1, Edit.: Samish R.M., Gordon and Breach Science Publishers, N.Y.
- LITTLE T.M. y HILLS F.J. (1976): "Métodos Estadísticos para la Investigación en la Agricultura". Editorial Trillas. Mexico.
- LOBO M.J.S. (1963): Agricultura, Lisboa, 19:26
- LOBZHANIDZE T.D. (1977): Soobshed. Akad. Nauk. Gruz. SSR 88(2):453
- LOCKMAN R.B. (1970): Comm. Soil Sci. Plant Anal. 1:13
- LONERAGAN J.F. (1978): En "Plant Nutrition 1978". Proc. 8th Int. Coll. Plant Anal. Fert. Problems. Edit.: Ferguson A.R., Bieliski R.L. y Ferguson I.B., New Zealand.

- LONERAGAN J.F. y SNOWBALL K. (1969): Austr. J. Agric. Res. 20:465 (Kirkby y Pilbeam, 1984)
- LOPEZ RITAS J. y LOPEZ MÉLIDA J. (1978): "El diagnóstico de suelos y plantas. Métodos de campo y laboratorio". Ediciones Mundiprensa. Madrid.
- LORCH D.W. (1978): Atom. Absorpt. Newsl. 17:95
- LORENTZ O.A. y TYLER K.B. (1978): En "Soil and Plant Tissue Testing in California". Division of Agricultural Sciences. University of California. Bulletin 1879.
- LOSA M., RIVAS S. y MUÑOZ-MEDINA J.M. (1961): "Botánica Descriptiva". -- Imprenta Urania. Granada.
- LOSADA y GUERRERO (1979): En "Photosynthesis in Relation to Model Systems". Edit.: Barber J., Elsevier. Amsterdam. (Barceló y col., 1980)
- LOTT W.L., NERY J.P., GALLO J.R. y METCALF J.C. (1956): En "Publication 9", IBEC Research Institute, N.Y. (Smith, 1962)
- LOUE A. (1963): Fertilité 20. Nov-Dec. (Munson y Nelson, 1973)
- LOUE A. (1978): Potassium Res. Rev and Trends. Proc. 11th Cong. Int. Potash. Inst., Berna.
- LOUE A. (1980): En "5^{eme} Coll. Int. Contr. Alim. Plant. Cult." Castell-franco-Veneto.
- LUCAS R.E. y SCARSETH G.D. (1947): Agron. J. 39:887
- LUCIER G.W. y MENZER R.E. (1968): J. Agric. Food Chem. 16(6):936
- LUCKWILL L.C. y LLOYD-JONES C.P. (1962): J. Hort. Sci. 37:190
- LUDDERS P. (1973): Proc. Int. Working Group Soil. Cult. 1973:21 (Shear, 1982)
- LUKPANOV Zh. y BAIDA T.A. (1974): Vopr. Pitan 6:70 (C.A. 82, 81612u)

- LUKPANOV Zh. y ZHAMANBALANOVA L.A. (1974): En "Mater. Resp. Nauchno-Prizvod. Konf. Zashch. Rast. Kaz., 3rd. (C.A. 84,1033j)
- LUNDEGARDH H. (1934): En "Die quantitative Spektral anlyse der Elemente I, II. Jena: Fisher (Lundegardh, 1951)
- LUNDEGARDH H. (1938): Metallwirtsch 17:1222 (Lundegardh, 1951)
- LUNDEGARDH H. (1951): "Leaf Analysis". Traduc. Mitchell R.L., Hilger y Watts Ltd. Ed. London.
- LUNDEGARDH H. (1954): En "Plant Anal. Fertil. Problems". Inst. Rech. -- Huil. Oleag. 1. (Smith, 1962)
- LLISTO A.M.S. y col. (1980a): Biológico 46(5-6):97 (C.A. 94,82379h)
- LLISTO A.M.S. y col. (1980b): Biológico 46(5-6):107 (C.A. 94,82380b)
- LLORENTE S. (1966): Edic. CEBAS . Murcia. (Carpena y col., 1972b)
- LLORENTE S., LEON A. y TORRECILLAS A. (1977): Anal. Edaf. Agrobiol. -- XXXVI(9-10):885
- LLORENTE S., LEON A., TORRECILLAS A. y ALCARAZ C.F. (1973): I Cong. Mundial de Citricultura. Vol.1. Edit.: Carpena O.
- MAAS W. (1979): En "Advances in Pesticide Science". Vol.3. Edir.: Geissbuhler H., Pergamon Press.
- MACKLON A.E.S. y DEKOCK P.C. (1967): Physiol. Plant. 20:421
- MACNEIL J.D., HIKICHI M. y BANHAM F.L. (1975): J. Agric. Food Chem. 23 (4):758
- MACVICAR R. y STRUCMEYER B.E. (1946): Bot. Gaz. 107:454 (Sillanpaa, 1976)
- MACY P. (1936): Plant Physiol. 11:749
- MAKOVSKAYA L.N. (1982): Subtrop. Kul't (2):120 (C.A. 97,86675m)
- MANCHANDA A.H. y DOUGAN J. (1975): En "Origin Fate Chem. Resid. Food, Agric. Fish.", Proc. Rep. 2 Res Coord. 1973-1974:131 (C.A. 86,834a)

- MANN C.E.T. y WALLACE T.J. (1925): J. Pomol. Hort. Sci. 4:146 (Lindner y Harley,1944)
- MANNERS J.C. (1982): En " Principles of Plant Pathology". Cambridge University Press.
- MANNING D.C. y FERNANDEZ F. (1970): Atom. Absorpt. Newsl. 9:65
- MANN J.E. (1972): Tesis. Facultad de Agronomía. Universidad Católica de Chile.
- MANSFIELD T.A. y HEATH O.V.S. (1963): Nature 200:596
- MANUAL PRODUCTOS FITOSANITARIOS(1982): Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Secretaría General Técnica. Madrid
- MARCELLE R.D. (1981): En "Photosynthesis VI. Photosynt. and Productiv., Photosynt. and Environ.", Edit.: Akoyunoglou G, Balaban Int. Sci. Services. Philadelphia.
- MARDJANIAN G.M.,KANKANIAN A.G. y OUSTIAN A.K. (1965): Comm. Acad. Sci. Georgia, XVIII nº8 (Chaboussou,1980)
- MARSCHNER H. (1974): Neth. J. Agric. Sci. 22:275
- MARSCHNER H. (1983): En "Encyclopaedia of Plant Physiology, New Series Vol. 15a". Edits.: Lauchlii A., Bieliski R.L.,Springer-Verlag,Berlin
- MARTENS P.H.,CAUSIN R.,COPIN A. y ZENON-ROLAND L. (1970): Bulletin des Recherches Agronomiques de Gembloux N.S.,Tomo V(3-4). Faculté des Sciences Agronomiques de l'Etat. Gembloux.
- MARTIN J.T. (1966): Nat. Agric. Adv. Service Quart . Rev. 72:139 (Hull, 1970)
- MARTIN J.T. y JUNIPER B.E. (1970): "The cuticles of plants". Arnold E., London (Morrison y Cohen,1980)
- MARTIN P. (1974): Proc. 7th Int. Coll. Plant Anal. Fertiliz. Problem 2: 283 (Peña,1975)

- MARTIN-PREVEL P., GAGNARD J. y GAUTIER P. (1984): "L'Analyse Vegetale -- dans le Contrôle de l' Alimentation des Plantes Temperées et Tropicales". Technique et Documentation-Lavoisier. París.
- MARTINEZ CANO-MANUEL J.R., BOLIVAR C y DE LA CALLE M.R. (1978): "Productos Fitosanitarios 78". Ministerio de Agricultura. Servicio de Defensa contra Plagas e Inspección Fitopatológica.
- MASON A.C. (1952): Rep. E. Malling Res. Sta.: 104.
- MASON A.C. y WITHFIELD A.S. (1960): J Hort. Sci. 35:34 (Smith, 1962).
- MASON J.L., GARDINER R.P. y SANDERSON P.C. (1972): Can. J. Plant Sci. -- 52:110.
- MASSMANN H. (1968): Spectrochim. Acta 23B, 215.
- MATEEVA-RADEVA A.V. (1973): Priroda (Sofia) 22 (5):61 (C.A. 81, 146723 g).
- MATEEVA-RADEVA A.V., DIRIMANOV M., STEFANOV D. y DIMITROV A. (1978): Nauchni Tr.-Vissh Selskostoh. Inst. Vasil Kolarov, Plovdiv 23 (2):121 - (C.A. 91, 118584a).
- MATHYS W. (1980): En "Zinc Environment". Vol. I, Edit: Niriagu J.O., N.Y.
- MATSUTSINA L.B. (1974): En "Mater Resp. Nauchno-Proizvod. Konf. Zashch. - Rast. Kaz., Edit: Kosolapova G.Ya. (C.A. 84, 13219 n).
- MATTHEWS G.A. (1979): "Pesticide Application Methods". Longman Group Limited, London.
- MAZEPIN K.G. y ABRAMOV J.G. (1975): Agrokhimiya 7:117 (Romero, 1981).
- MAZUELOS C., PRIETO J., LIÑAN J. y ESTEBAN E. (1979): Anal. Edaf. Agrob. - XXXVIII (5-6):1089.
- McCLUNG A.C., y LOTT W.L. (1956): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 67:113. --- (Smith, 1962)
- McCLURG C.A. y BERGMAN B. (1972): J. Environ Qual 1:200.

- McCOLLUM R.E., HAGEMAN R.H. y TYNER E.H. (1958): Soil Sci. 86:324.
- McGEORGE W.T. (1948): Soil Sci. Soc. Amer. Proc 13:200.
- McGEORGE W.T. (1949): Soil Sci. 68:381.
- McLACHLAN K.D. y KEONIGKAMP H. (1978): J. Aust. Inst. Agric. Sci. 44 (1): 51. (C.A. 90, 49266 p).
- MEHROTRA S.C., MEHROTRA N.K., BISHT S.S. y SHARMA C.P. (1976): Geophytol. 6:282.
- MELTON J.R., HOOVER W.L., HOWARD P.A. y AYERS J.L. (1970): J. Ass. Off. - Analyt. Chem. 53 (4):682.
- MENGEL K. (1965): Planta 65:358.
- MENGEL K., BREININGER M. Th. y BUBL W. (1984): Plant and Soil 81:333.
- MENGEL K., y BURLW (1983): Z. Pflanzernernahr. Bodenk. 146:560 (Mengel y col., 1984).
- MENGEL K., y KIRKBY E.K. (1980): Advances in Agronomy 33:59.
- MENGEL K., SCHERER H.W. y MALISSIOVAS N. (1979): Mitt. Klosternewburg -- (Austria) 23:151 (Mengel y col., 1984).
- MENN J.J. (1978): Environmental Health Perspectives 27:113.
- MENN J.J. y STILL G.G. (1977): CRC Crit. Rev. Toxicol. 5:1.
- MENORET Y. (1957): Bull. Soc.Franc. Physiol. Vegetl. 13:131 (Dekock y - col., 1966).
- MENZER R.E. (1973): Residue Reviews. Vol. 48.
- MIDDLETON G. y STUCKEY R.E. (1953): Analyst 78:532.
- MIDDLETON G. y STUCKEY R.E. (1954): Analyst 79:138.
- MILLER C.S. y ABOUL-ELA M.M. (1968): J. Agr. Food Chem. 16:946.
- MILLER G.W., BROWN J.C. y HOLMES R.S. (1960): Plant Physiol. 35:619.

- MILLER G.W. y EVANS H.J. (1957): *Plant Physiol.* 32:346.
- MILLER G.W., PUSHNIK J.C. y WELKIE G.W. (1984): *J. Plant Nutr.* 7 (1-5):1.
- MILWARD A.F., DEAS A.H.B. y SKERRETT E.J. (1974): *Pestic. Sci.* 5:11.
- MILWARD A.F. y SKERRETT E.J. (1971): *Pestic. Sci.* 2:38.
- MILWARD A.F. y SKERRETT E.J. (1974): *Pestic. Sci.* 5 (5):561.
- MINGORANCE M.D. (1981): Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.
- MITCHELL R.L. (1960): *J. Sci. Food Agric.* 2:553.
- MITCHELL R.L. (1964): "The Spectrochemical Analysis of Soils, Plants and Related Materials". Commonwealth Agriculture Bureaux, Farnham Royal, - Bucks, England.
- MITSCHERLICH E.A. (1909): *Bodenertrages Landwirt. Jahrb.* 38:537. (Gauch, - 1972).
- MOLINA-DIAZ A. (1982): Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.
- MONSALVE S. y LOTERO C.J. (1978): *Rev. Inst. Colomb. Agropeen.* 13:83.
- MOON H.H., HARLEY C.P. y REGEIMBAL L.O. (1952): *Proc. Amer. Soc. Hort. - Sci.* 59:61 (Smith, 1962).
- MORAGHAN J.T. (1979): *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 43:1177 (Chaney, 1984).
- MORRISON J.N. y COHEN A.S. (1980): En "The Handbook of Environmental Chemistry, Vol. 2/Part A". Edit.:Hutzinger Q.,Springer, Verlag. Berlín.- Heidelberg.
- MORTENSON J.L. (1963). *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 27:179
- MOYER J.L. y PAULSEN G.M. (1977): *Agron. J.* 69:58
- MUMMA R.A. y HAMILTON R.H. (1976): En "ACS Symposium Series, No. 29". -- Edits: Kaufman D.D., Still G.G., Paulson, G.D. y Bandal S.K.

- MUMMA R.A. y HAMILTON R.H. (1979): En "ACS Symposium Series, No 97". Edits.: Paulsen G.D., Frear D.S. y Marks P.
- MUNCIE J.H., MOORE H.C., TYSON J. y WHEELER E.J. (1944): Amer. Potato J. 21:293.
- MUNSON R.D. (1968): En "Role Potassium Agric, Proc. Symp".
- MUNSON R.D. y NELSON W.L. (1973): En "Soil Testing and Plant Analysis". Edit.: Walsh L.H. y Beaton J.D., Soil Sci. Soc. Amer., Madison, Wisconsin.
- MUNTZ J.H. y MELSTED S.W. (1955): Anal. Chem. 27:751.
- MURAV'eva A.S. (1979): Fiziol. Rast. (Moscow) 26 (6):1250 (C.A. 92,53079p).
- MURAV'eva A.S., CHIKOV V.J. y KOVAKINA E.A. (1978): Fiziol. Biokhim. Kul't Rast. 10(3):240 (C.A. 89, 85540m).
- MURTY K.S., SMITH T.A. y BOULD C (1971): Ann. Bot. 35:687 (Leece, 1976).
- NADIR M. (1968): En "II Col. Europ. Medit. Contr. Nutr. Plant. Cult." Sevilla.
- NAG RAJ T.R. y GEORGE K.V.A. (1960): Indian Coffee 24 (11):452.
- NAIR K.P.P. y COTTENIE A. (1971): J. Soil Sci. 22(22):203.
- NAKOV B. y BRAIKOV D. (1974): Gradinar Lozar. Nauka 11(8):107 (C.A. 83, - 73026 m).
- NANGNIOT P. (1970): "La polarographie en Agronomie et en Biologie". Edit.: Duculot J. Gembloux.
- NASH R.G. (1976): J. Agric. Food Chem. 24 (3):596.
- NAVARRO S., CARPENA O., GARCIA A.L. y COSTA F., (1972): Atti IX Simp. Inter, Agrochimica:208.
- NAVARRO S., GARCIA A.L. y SANCHEZ-ROJAS J. (1976): En "4th Int. Coll. Plant. Nutr.", Gante.

- NEELY D. (1971): En "Plant disease reporter". Oct., nº 10, Vol. 55 (Sysj y Soenen, 1973).
- NEMODRUK A.A. y KARALOVA Z.K. (1965): "Analytical Chemistry of Boron". - Israel Program for Scientific Translations Ltd. Edit.: Seijflers E.
- NESTER P.R. y COTHREN J.T. (1977): En "Plant Growth Regulator Working -- Group 1977:205", Longmont, Colorado.
- NEUBAUER J., RACCAH B., AHARONSON N., SWIRSKIS E e ISHAAYA I. (1983): --- Crop. Prot. 2 (2):24 (C.A. 99, 65846n).
- NEUBERT P., WRAZIDLO W., VIELEMEYER N.P., HUNT J., GULLMICK F. y BERGMANN W. (1969): En "Talellen zur Pflanzenanalyse-Erste Arientierende Übersicht". Inst. Pflagenern. Jena, Berlín. (Jones, 1978).
- NEUMANN S. y JACOB F. (1968): Naturwissenschaften 55:89 (Bukovac, 1976).
- NEWMAN J.F. (1978): "Pesticides Microbiology". Edits.: Hill J.R. y Wright S.J.L. Academic Press. London.
- NICHOLAS D.J.D. (1956): En "Plant Analysis and Fertilizers Problems". Pa-- rís: I.R.H.O. (Bould y col., 1960).
- NICHOLAS D.J.D., LLOYD-JONES C.P. y FISCHER D.J. (1957): Plant and Soil -- 8:367.
- NICHOLS J.A., JONES R.D. y WOODRIFF R. (1978): Anal. Chem. 50:2071.
- NICHTINGALE G.T., ADDOMS R.M., ROBBINS W.R. y SCHERMER-HORN L.G. (1931): - Plant Physil 6:605.
- NIJENSOHN L., y col.: Comunicación privada (Romero, 1981).
- NILOV G.J. (1959): Trudy Gosudarst. Nikitsk. Botan. Sade 30:16 (C.A. 55, - 12554d).
- NILOV G.J. (1964): Sb Nauchn.Tr. Gos Nikitsk. Botan. Sad. 37:596 (C.A. 64, 1295f).

- NILOVA V.P. y GUSEVA T.A. (1973): Biol. Vses Nauch.Issled Inst. Zashch Rast. 25:59 (C.A. 81, 86585b).
- NISHIMOTO R.K. y WARREN G.F. (1971): Weed Sci. 12:156 (Bukovac, 1976)
- NIKOL'SKAYA Zh.V. (1974): Nauchen. Tr. Mosk. Lesotckh. Inst. 51:65 (C.A. 83,73083c).
- NOACK K. y LIEBICH H. (1941): Naturwiss. 29:302 (Romero, 1981).
- NOGGLE J.C. (1966): Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30:763.
- NORRIS D.M. (1967) Ann. Rev. Entomol. 12:127.
- NORRIS R.F. y BUKOVAC M.J. (1968): Amer. J. Bot. 55:275.
- NORRIS R.F. y BUKOVAC M.J. (1969): Physiol. Pl. 22:701.
- NORTH C.P. y WALLACE A. (1952): Calif. Avocado Soc. Yearb. 37:177. (Chen y Barak, 1982).
- OLIVER L.R., PRENDEVILLE G.N. y SCHREIBER M.M. (1968): Weed Sci. 16:534.
- OLSEN C. (1935): Compt. Rend. Lab. Carlberg Ser. Chim. 21:15 (Lindner y - Harley, 1944).
- OLSEN R.A. (1957): Soil. Sci. 84:107.
- OLSEN R.S. (1972): En "Micronutrients in Agriculture". Edits: Mortvedt -- J.J., Giordano P.M. y Lindsay W.L., Soil Sci. Soc. Amer., Inc., Madison, Wisconsin.
- OPPENHEIMER H.R. y HALFONHEIRI A. (1961): En "Plants Analysis and Fertilizer Problems". Am. Inst. Biol. Sci., Publ. 8, Washington, D.C. --- (Smith, 1962).
- ORDZHONIKIDZE E.K. (1974): Soobshch. Akad. Nauk. Cruz. SSR 73(3):705. (C.A. 81, 73362b).
- ORGELL W.E. (1954): Tesis doctoral. Universidad de California. Davis. -- (Fernández, 1968).

- ORPHANOS P.J. (1977): J. Sci. Food Agric. 28:643.
- OSAWA T. (1971): Engei Gakkai Zasshi 40(4):389 (C.A, 77,57297w).
- OSERKOWSKY J. (1933): Plant Physiol. 8:440.
- OSIPOW L.T. (1964): "Surface Chemistry". Rheinhold Publishing Corp., N.Y.
- O'SULLIVAN M. (1969): Plant and Soil XXXI(3):451.
- O'SULLIVAN M. (1970): J. Sci. Food Agric. 21:607.
- OVERBEEK J. Van (1956a): Ann. Rev. Plant Physiol. 7:355.
- OVERBEEK J. Van (1956b): En "The Chemistry and Mode of Action of Plant - Growth Substances". Edits.: Waim R.L. y Wightman F. Butterworths Scientific Publ., London.
- OTKHMEZURI L., ORDZHONIKIDZE E., BAKKADZE I. y DEISADZE T. (1976): Tr. Nauchno-Issled Inst. Zashch. Rast (Tiflis) 28:134 (C.A. 88,131965h).
- PAECH K. y TRACEY M.V. (1956) En "Modern Methods of Plant Analysis". Vol. 2. Springer-Verlag, Berlín.
- PALM A.W. y BECKWITH R.S. (1956): Anal. Chem. 28:1637.
- PALMER M.J., DEKOCK P.C. y BACON J.S.D. (1963): Biochem J. 86:484
- PANTEA C., LIXANDRU G., TARNAUCEANU E. y CIURE A.G. (1973): Luer. Stunt . Ion Ionescu de la Bard:208 (Martín Prevel y col., 1984).
- PARKE D.V. (1968): "The biochemistry of foreign compounds". Oxford: Pergamon Press (Menzer, 1973).
- PARKER C. (1966): Weeds 14:117.
- PARR J.F. y NORMAN A.G. (1965): Bot. Gaz. 126:86.
- PARRA M. (1980): Atti Comptes-Rendues Proc. Vol. I del 5^{eme} Colloq. Int. -- Cont. Aliment. Plant Cult., Castellfranco-Veneto.
- PARRA M, HERNANDEZ A y ORTUÑO A. (1977): Anal. Edaf. Agrobiol. 36:763.

- PASOL P., DOROBANTU N. y CURTICAPEANU G. (1971): Lucrari. Stiontifice, Inst. Agron. "N. Balcescu". B, 1971, 14:233. (C.A. 81, 73071f).
- PATEL G.J., KAMAKRISHNAYYA B.V. y PATEL B.K. (1977): Plant and Soil 460:209.
- PATTE H.E. y TEEL M.R. (1967): Agron J. 59:187.
- PAULSON G.D. (1976): En "ACS Symposium, Series No.29. "Edit.: Kaufman - D.D., Still G.G., Paulson G.D. y Bandal S.K.
- PEÑA C. (1975): Tesis doctoral. Facultad de Farmacia. Universidad de -- Granada.
- PETERSON E. y SPOLITIS A. (1976): Regul. Rasta Pitan. Rast., Mater. Simp. Itagi Issled. Fiziol. Biokhim. Rast. 1966-1970. (Publ. 1972) (C.A.79, 101644z).
- PETROSINI G. (1962): Natiz Mal. Piante No. 59-60:59 (C.A. 57, 8957f).
- PHILLIPS R.E., STEVANAGE J., MOULTHROP M.F. y JOHNSON C.M. (1971): En -- "Instrumental Methods for Analysis of Soils and Plant Tissue". Edit.: Walch L.M., Soil Sci. Soc. Amer., Inc, Madison, Wisconsin.
- PICKETT E.E. y KOIRTYOHANN S.R. (1969): Anal. Chem. 14:28A.
- PIENAAR W.J., (1955): Science Bull. of the Union of South Africa, pág. 35, Depart. Agric.
- PIERCE E.C. y APPLEMAN C.O. (1943): Plant Physiol. 18:224
- PIETRI-TONELLI I.P. de y BARONTINI A. (1960): En "Comportamento Rogor-P³² applicato sulle piante, I y II." MonteCatini, Soc. Generale Ind. Mineraria e Chimica" Pag. 3 (C,A, 55,1798b).
- PIETRI-TONELLI I.P. de y BARONTINI A. (1961): En "Ist. Ric. Agr. Lab. Sig na (Firenze) Separate 1961 (C.A. 58, 9419c).

- PIETRI-TONELLI I.P. de, BARONTINI A. y BIONDI G. (1964): Montecatini, - Ist. Ric. Agror. Contrib. 6:91 (1962-1963) (C.A. 62, 2196h)
- PIJOAN J. (1977): C.I.N.V.E. Caldos de Malavella. Gerona (Mazuelos y - col., 1979).
- PINON V. (1977): "Memoire fin d' etudes E.N.J.T.A. de Bordeaux". (Chabou ssou, 1980).
- PINTA M., (1971): "Spectrometrie d'absorption atômique. Applications a l' analyse chimique". Vol. II. Edit.: Masson et C^{ie}. París.
- PIPER C.S. (1942): "Soil and Plant Analysis". Hassell Press, Adelaida. - Australia.
- PLIMMER J.R. (1970): ISBN0-309-020468 Nat. Acad. Sci. Washington. (Führ, 1978).
- PLOTNIKOVA T.S. (1974): Sadovodstvo (kiev)20:78 (C.A. 83, 173256t).
- POOLE R.J. y POEL L.W. (1965): J. Exp. Bot. 16:453.
- POPP M. y KINZEL H. (1981): J. Exp. Bot. 32 (126):1.
- POSPISILOVA J., CERNA V., JANYSKA A. y BENES V. (1973): Rostlinna Vyroba 19 (7):721.
- POSPISILOVA J. y JANYSKA A. (1980): Sbornik uvtizzahradnietvi 7 (10):27.
- POWELL D. y SHURTLEFF M.C. (1976): En "Pesticides Environment". Vol. 2, pág. 3.
- POZUELO J.M., ESTEBAN E. y MARTINEZ RAYA, A. (1980): En "5^{eme} Colloq. In-- ter. Contr. Aliment. Plant. Cult." Vol II. pág. 643. Castellfranco-Ve neto.
- PRASAD R., FOY C.L., CRAFTS A.S. (1967): Weeds 15:149
- PREVOT P., y OLLAGNIER M., (1961): En "Plant. Anal. Fertil. Problems". -- Amer. Inst. Biol. Sci., Publ. 8, Washington D.C. (Smith, 1962).

- PRICE C.E. (1977): En "Herbicides and Fungicides. Factores affecting - their activity". Edit. McFarlane N.R., Special Publication No. 29. The Chemical Society. Barlington House - London.
- PRICE C.E. (1979): En "Advances in Pesticide Science". Vol. 3. Fourth - Int. Cong. of Pestic. Chem., Zurich, Edit.: Geissfühler H. Pergamon Press.
- PRIMO YUFERA E. y CARRASCO DORRIEN J.M. (1973): "Química Agrícola ". Vol. I. Suelos y Fertilizantes". Editorial Alhambra. Madrid.
- PRIMO YUFERA E. y CARRASCO DORRIEN J.M. (1976): "Química Agrícola". Vol. II. Editorial Alhambra. Madrid.
- PRINTS E Ya. (1971): Izv. Akad. Nauk. Mald. SSR, Ser. Biol. Khim. Nauk. - 3:30 (C.A. 76, 55250f).
- PROEBSTING E.L. y BROWN J.G. (1954): Hilgardia 23:125.
- PROEBSTING E.L. y WARNER R.M. (1954): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 63:10 - (Smith, 1962).
- PUCHER G.W., VICKERY H.B. y WAKEMAN A.J. (1938): Plant Physiol. 13:621.
- PUCHKOVA J.J. (1965): Chem. V. sel'sk. Khoz. 3 (3):34 (C.A, 63, 8981b).
- QUARMBY C. y GRIMSHAW H.M. (1967): Analyst 92:305.
- RAAFAT A., EL-KADI M.A. y AMER M.A. (1967): Ann. Agr. Sci. 9 (2):247. --- (C.A. 70, 67085v).
- RAINS D.N. (1976): En "Plant Biochemistry". Academic Press. New York.
- RAM C., BALASIMHA D. y TEWARI M.N. (1975): Plant Biochem. J. 2:61.
- RANDALL P.J. (1969): Aust. J. Agric. Res. 20:635 (Leece, 1976).
- RANDALL P.J. y BOUMA D. (1973): Plant Physiol. 52:229.
- RANDHAWA N.S. y BROADBENT F.E. (1965): Soil Sci. 99:362.
- RASMUSSEN G.K. y SMITH P.F. (1961): Plant Physiol. 36:99.

- RECALDE L. (1964): En "Aportación de la Investigación Ecológica y Agraria en la lucha del mundo contra el hambre". Patronato Alonso de - Herrera. C.S.I.C., Madrid, oct. 1964.
- RECALDE L. (1976): En "XIII Curso Internacional de Edafología y Biología Vegetal". Estac. Exp. Zaidín (C.S.I.C.). Granada.
- RECALDE L., y ESTEBAN E. (1964): En "I Coloq. Europ. Contr. Nutr. Miner. et Fertil. Cultur., Medit.", pág. 287-Montpellier.
- RECALDE L., y ESTEBAN E. (1966): *Agrochimica* 10:371.
- RECALDE L., y MARTIN E. (1968): En "II Col. Europ. Cont. Nutr. Plant. -- Cult.", pág. 235. Sevilla.
- REDISKE J.H. y BIDDULPH O. (1953): *Plant Physiol* 28:576.
- REDMON W.J. y col., (1976): *Ann. Rep. Long Ashton Res. Stn. 1975* (Bould y Chiu, 1976).
- REED L.W., SHELDON V.L. y ALBRECHT W. (1960): *Agron J* 52:523.
- REID M.S. y BIELESKI R.L. (1970): *Planta* 94:273.
- REIS E.M. y FLOSS E.L. (1980): *Summa Phytopathol* 6 (3-4):116.
- REISENAUER H.M. (1978, Edit.): "Soil and Plant Tissue Testing in California". Bull. 1879. Div. Agric. Sci., Univ. California.
- REIZT H.J. y KOO R.J.C. (1960): *Proc. Amer. Soc.Hort. Sci.* 75:244 (Smith, 1962).
- REUTHER W, y SMITH P.F.(1952a): *Citrus Mag.* 14:25 (Brown, 1956).
- REUTHER W. y SMITH P.F. (1952b): *Proc. Florida State Hort. Sci. Soc.* 65:62 (Brown, 1956).
- REUTHER W. y SMITH P.F. (1954): En "Plant Analysis and Fertilizer Problems", Inst. Rech. Huiles Aleog., París. (Smith, 1962).
- RHOADS W.A., y WALLACE A. (1960): *Soil Sci.* 89:248.

- RHOADS W.A., WALLACE A. y ROMNEY E.M. (1959): Calif. Agric. 13:6 (Meh-
otra y col., 1976).
- RINNE R.W., y LANGSTON R.G., (1960): Plant Physiol. 35:216.
- ROACH A.G., SANDERSON P. y WILLIAMS D.R. (1968): Analyst 93:42.
- ROBERTS A.N. y KENWORTHY A.L. (1956): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 68:
:157 (Smith, 1962).
- ROBERTS E.A., SOUTHWICK M.D. y PALMITER D.H. (1948): Plant Physiol. 23:
257.
- ROBERTSON M.M., PARHAM P.H. y BUKOVAC M.J. (1971): J. Agric. Food Chem.
19:754.
- ROBINSON D.E. y LORD W.J. (1970): J. Amer. Soc. Hort. Sci. 95 (2):195.
- ROCHE y col. (1953): Soil and Fertilizers 17:531. (Galiano, 1971).
- RODRIGUEZ J.G., CHEN H.H. y SMITH W.T. (1957): J. Econ. Entomol. 50:587.
- ROGERS B.L., BATJER L.P. y BILLINGSLEY H.D. (1955): Proc. Amer. Soc. --
Hort. Sci. 66:7 (Smith, 1962).
- ROGERS B.L., BATJER L.P. y THOMPSON A.H. (1953): Proc. Amer. Soc. Hort.
Sci. 61:1 (Smith, 1962).
- ROGERS G.R. (1968): J. Ass. Off. Anal. Chem. 51:1042.
- ROMERO L. (1981): Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de -
Granada.
- ROMERO L. y ALVAREZ-TINAUD M.C. (1984): J. Plant Nutr. 7 (1-5):501.
- ROSS R.G., CROWE A.D. y WEBSTER D.H. (1970): Can. J. Plant. Sci. 50:529.
- ROSS R.G., WEBSTER D.H. (1976): Can J. Plant Sci., 56:1001.
- ROWLANDS D.G. (1965): J. Sci. Food Agric. 16:325.
- ROWLANDS D.G. (1966): J. Sci. Food Agric. 17:90

- ROZEK S. (1978): Hod Roslin Aklimat. Nos 22 (5):337 (C.A. 91, 50711g).
- ROZEK S. (1982a): Acta Physiol. Plant. 4 (3-4):81.
- ROZEK S. (1982b): Acta Physiol. Plant. 4 (3-4):91.
- ROZEK S. y MARECZEK A. (1981): AR-Krakow, "Ogrodnictwo" 162:65 (Rozek, 1982b).
- RUSSEL R.S. y CLARKSON D.T. (1976): En "Perspectives in Experimental Biology" Vol. 2., Botany. Edit.: Sunderland N., Pergamon Press, Oxford (Kirkby y Pilbeam, 1984).
- RUTLAND R.B. y BUKOVAC M.J. (1971): Plant and Soil 35:225.
- SAIMBHI M.S., JAISWAL S.P., NANDPURI K.S. y VIG A.C. (1979): Proc. Indian Acad. Sci., 88B, part 2 61):69.
- SAMSONI Z., (1972): En "3^e Colloq. Europ. Med. Cont. Alim. plant. Cult". Budapest.
- SANCHEZ L.E. (1970): Tesis. Univ. Facultad de Agronomía. Univ. Católica - de Chile.
- SANCHEZ-ALONSO F. (1977): Tesina de licenciatura. Facultad de Ciencias.- Granada.
- SANCHEZ-RAYA A.J. y LEAL A. (1972): Ars Pharmaceutica 12:345.
- SANDHU M.S. y MORACHAN J.T. (1972): Commun. Soil Sci. Plant Anal. 3:439.
- SANTI R. (1962): Montecatini, Ist. Ric. Agrar., Contrib. 5:47 (1961) --- (C.A. 60, 7385a).
- SANTI R. y GIACOMELLI R. (1962): J. Agric. Food Chem. 10:257 (C.A. 57, -- 8921c).
- SARGENT J.A. (1964): Meded. Landbhogesch. Opzock-Stans. Gent. 29:656. -- (Bukovac, 1976).
- SARGENT J.A. (1965): Ann. Rev. Plant. Physiol. 16:1.

- SARGENT J.A. (1966): Proc. 8th Br. Weed Control Conf. 3:804 (Buhovac, - 1976).
- SARGENT J.A. y BLACKMAN G.E. (1962): J. Exp.Bot.13 (39):348.
- SARGENT J.A. y BLACKMAN G.E. (1965): J. Exp.Bot.16:24.
- SARGENT J.A. y BLACKMAN C.E. (1969): J. Exp.Bot.20:542.
- SATO K. (1961): En "Plant Analysis and fertilizer Problems 3:400". Amer. Inst. Biol. Sci., Washington D.C. (Smith, 1962).
- SCARSETH G.D. (1943): Soil Sci. 55:113.
- SCHEFFER F., KICKUTH R., y LORENTZ H. (1965): Z. Pflangenernähr, Bodenk - 110:201 (Landsberg, 1981).
- SCHONHERR J. (1979): En "Advances in Pesticide Science", Pt. 3, Edit.: Geissbuhler H. Pergamon Press. Oxford.
- SCHONHERR J. y BUKOVAC H.J. (1972a): Plant Physiol. 49:813.
- SCHONIGER W. (1956): Mikrochim. Acta:869. (Laporte y Kovacsik, 1971).
- SCHRADER G. (1963): "Die Entwicklung neuer Insektiz. Phosphors.- Ester. -- Edit. Verlag-Chemie GmbH, Weinheim.
- SCOTT R.D. y URE A.M. (1972): Analyst Procc, Decemb.:288. (Lachica, 1980).
- SHADMANOVA N.A. y URONOV I.S. (1975): Khimiya v Sel'shom Khozaistve 13(9) 45.
- SHARIMOV kh.J. y ISIN M.M. (1977): Khim Sel'sk.khoz. 15(5):61 (C.A. 87, - 96999c)
- SHARASHIDZE O.V., y BAKANIDZE M.Sh., (1975): Subtrop. Kal't 6:124.
- SHARMA D.P., FERRER D.C. y HARTMAN F.O. (1978): Pesticides 12 (7):16
- SHARMA M.P. y col. (1976): Weed Sci. 24:379 (Morrison y Cohen, 1980).
- SHEAR C.B. (1953): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61:63 (Shear, 1966).

- SHEAR C.B. (1966): En "Temperate to Tropical Fruit Nutrition". Edit.: - Childers N.F.
- SHEAR C.B. (1982): En "Plant Nutrition 1982". Proc. Ninth Int. Plant. -- Nutr. Coll". Vol. II, pág. 607. Edit. Scoife A., Commowealth Agricultural Bureaux.
- SHEAR C.B. y CRANE H.L. (1947): En "Year-book of Agriculture 1947:592" - (Shear, 1966).
- SHEAR C.B. CRANE H.L. y MYERS A.T. (1946): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. - 47:239 (Shear, 1966).
- SHEAR C.B., CRANE H.L. y MYERS A.T. (1948): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. - 51:319 (Shear, 1966).
- SHEAR C.B., CRANE H.L., y MYERS A.T. (1953): U.S. Dept. Agr. Tech. Bull. 1085 (Shear, 1966).
- SHEAR C.B. y FAUST M. (1971): En "Recent Advances in Plant Nutrition". -- Vol. 1. Edit.: Samish R.H., Gordon and Breach Science Publishess, N.Y.
- SHEAR C.B. y FAUST M. (1980): Hort. Rev. 2:142.
- SHEETS T.J. y LEIDY R.B. (1979): En "Recent Advances in Tobacco Science - 5:83"
- SHERMAN D.G. (1943): Com. Fert., December (Iljin, 1953).
- SHETTY A.S. y MILLER G.W. (1966): Plant Physiol. 16:155. (Sanchez-Raya y Leal, 1972).
- SHIBIYA M., (1968): Radioisotopes. Tokyo, 13:39.
- SHIMABUKURD R.H. y WALSH W.C. (1979): En "ACS Symposium. Series No. 97". Edits.: Paulson G.D., Frear D.S. y Marks E.P.
- SHIVE J.W. (1941): Plant Physiol. 16:435.
- SHPOTA L.A. (1967): Tr. Kirg. Univ. Ser. Biol. Nauk:26. (Mehrotra y col., 1976).

- SIDERIS C.P. y YOUNG H.Y. (1949): *Plant Physiol.* 24:416.
- SIFTON H.B. (1963): *Can. J. Bot.* 41:199.
- SIJPESTEIJN A.K. y KASLANDER J. (1964): *Outlook Agric.* 4:119.
- SILVA S., DEL RE A. y ANGUISSOLA S. (1968): *Att. Simp. Int. Agrochimica* 7:158.
- SILLANPAA M. (1962): *J. Sci. Agric. Soc. Finland* 34:34.
- SILLANPAA M. (1976): *Boletín de suelos nº 17. Organización Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. Roma.*
- SIMMONS W.J. (1978): *Anal. Chem.* 50 (7):870.
- SITHANANTHAM S., SRINIVASAN T.K. y RAO T.K.G. (1976): *Indian Sugar* 25 - (12):917.
- SKOSS J.D. (1955): *Bot. Gar.* 117:55 (Bukovac, 1976).
- SMIRNOVA E.V., STEPANOVA E.N., KONOVALOVA L.V. y GRIGOR' EVA L.V. (1976): *Vestn. S-kh. Nauki (Moscow)* 1976 (4):43 (C.A. 85,45119h).
- SMITH A.E. (1973): *Analyst* 98:65.
- SMITH A.E. y SECOY D.M. (1975): *J. Agric. Food Chem.* 23:1050.
- SMITH A.E. y SECOY D.M. (1976): *J. Agric. Food Chem.* 24:1180.
- SMITH A.E. y SECOY D.M. (1977): *Chemistry and Industry* 5 Nov:863.
- SMITH A.E., ZUKEL J.W., STONE G.M. y RIDDELL J.A. (1959): *J. Agric. Food Chem.* 7:341.
- SMITH B.N. (1984): *J. Plant Nutr.* 7 (1-5):759.
- SMITH D. (1968): *Wisconsin Agri. Exp. Sta. Bull.* 542 (Munson y Nelson, -- 1973).
- SMITH D. (1971): *Agron. J.* 63:497.
- SMITH J.H., CARTER D.L., BROWN M.J. y DOUGLAS C.J. (1968): *Agron J.* 60: 149.

- SMITH P.F. (1956): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 67:202 (Smith, 1962).
- SMITH P.F. (1957): Plant Physiol. 32:11.
- SMITH P.F. (1962): Ann. Rev. Plant. Physiol. 13:81.
- SMITH P.F. (1966): En "Temperate to Tropical Fruit Nutrition". Edit.: - Childers N.F.
- SMITH P.F. (1966b): Hortscience 1 (3-4):101.
- SMITH P.F. y RASMUSSEN G.K. (1959): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 71:261. - (Macklon y Dekock, 1967).
- SMITH P.F. y REUTHER W. (1950): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 55:61. -- (Smith, 1962).
- SMITH P.F., REUTHER W, y SPECHT A.W. (1950): Plant Physiol 25 (3):496.
- SMITH P.F. , REUTHER W. y SPECHT A.W. (1952): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 59:31 (Smith, 1962).
- SMITH P.F., REUTHER W., SPECHT A.W., y HRNCIAR G. (1954): Plant Physiol., 29:349.
- SMITH P.F., SCUDDER G.K. y HRNCIAR (1963): Proc. Fla. State Hort. Soc. 76: 7 (Smith, 1966).
- SMITH P.F. y SPECHT A.W. (1952): Proc. Florida State Hort. Soc. 65:101.
- SMITH P.F. y SPECHT A.W. (1953): Plant Physiol. 28:371.
- SMITH P.L. (1966): Hort. Science 1:101.
- SMITH T.A. (1967): Potash. Rev. Sub 3/25:1 (Hoffman y Samish, 1971).
- SOMERS J.J. y SHINE J.W. (1942): Plant Physiol. 17:582.
- SONNEVELD C. y VAN DIJK P.A. (1982): Commun. Soil sci. Plant Anal. 13 (7): 487.
- SORIA J.T., JAIME PALACIOS S. y ESTEBAN E. (1982): Anal. Edaf. Agrobiol. XLI (5-6):1003.

- SPENCER E. y MUÑOZ S. (1972): Tesis. Facultad de Ciencias Químicas. Universidad de Chile.
- SPENCER E.Y. (1976): En "Adv. Environ. Sci. Technol 6". Future Insectic: Needs Prospects, Proc. Rockefeller Found. Conf. (C.A. 88, 32973c).
- SPENCER E.Y. (1977): En "Antifungal Compd. 1977". (C.A. 88, 70299v).
- SPENCER P.W. y TITUS J.S. (1972): Plant Physiol. 49:746.
- SPENCER W.F. y CLATH M.M. (1975): En "Environmental Dynamics of Pesticides". Pág. 61, Edit.: Haque R y Fread V.H. Plenum Publishing Corporation. N.Y.
- SPENCER W.G. (1966): Soil Science 102:296.
- SPLITTSTOESSER W.E. y BEEVERS H. (1964): Plant Physiol. 39:163.
- STECKEL J.E. y FLANNERY R.L. (1971): En "Instrumental Methods for Analysis of Soils and Plant Tissue", Edits.: Walsh L.M., Soil Sci., Soc. - Amer., Ins., Madison, Wisconsin.
- STEENBJERG F. (1954): En "Plant Analysis and Fertilizer Problems". Inst. Rech. Huil. Oléag., París, (Smith, 1962).
- STEFFENS W.J. y WIENEKE J. (1975): Arch. Environm, Cont. Toxicol. 3:364. (Fuhr, 1978).
- STEWART J. (1961): Proc. Soil and Crop Sci. Soc. Fla. 21:272.
- STEWART J. (1962): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 81:244.
- STEYN W.J.A. (1959): J. Agric. Food. Chem. 7:344.
- STEYN W.J.A. (1961): En "Plant Analysis and Fertilizers Problems". Edit.: Reuther W., Amer. Inest. Biol. Sci., Washington D.C.
- STILL C.C. y KUZIRIAN O. (1967): Nature 217:799.
- STILL G.G. y RUSNESS D.G. (1977): Pest. Biochem. Physiol. 7:210. (Lamoureux y Frear, 1979).

- STIVERS R.K., GRIFFITH D.R. y CHRISTMAS E.P. (1970): Indiana Agric. Exp. Sta. Res. Bull R.B. 860.
- STOILOV G. y MARINOV P. (1979): Gradinar. Lazar. Nauka 16 (2): 28 (C.A. 92, 179984y).
- STRUCMEYER B.E., PETERSON L.A. y HSI' MEITAI F. (1969): Agron. J. 61:932.
- SU L.Y. y HILLER G.W. (1960): Plant Physiol. 36:415.
- SUD' INA O.G. y ANTONYUK E.K. (1966): Ukr. Bot. Zh. 23:16 (Zelená, 1977).
- SUMNER M.E. (1977a): Commun. Soil Sci. Plant Anal. 8:251.
- SUMNER M.E. (1977b): Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 8:269.
- SUMNER M.E. (1977c): Agron. J. 69:226.
- SUMNER M.E. (1979): Agron. J. 71:343.
- SUMNER M.E. y BEAUFILS E.R. (1975): Proc. South Africa Sug. Tech. Assoc. 49:447 (Sumner, 1979).
- SUND K.A. (1956): J. Agric. Food Chem. 4:57.
- SUTCLIFFE J.F. y BAKER D.A. (1975): "Las plantas y las sales minerales". - Cuadernos de Biología. Ediciones Omega. Barcelona.
- SWALES J.E. y WILLIAMS K. (1956): Can. J. Agric. Sci. 36:36.
- SYS S. y SOENEN A. (1973): Revue de l'Agriculture 6:1297.
- TAKASE J. (1983): Noyaku kenkyu 29 (4):29 (C.A. 99, 153715f).
- TAKKAR P.N. y KAUR N.P. (1984): J. Plant Nutr. 7 (1-5):81.
- TAKKAR P.N. y RANDHAWA N.S. (1978): Fertiliser News 23:3.
- TANAKA A. (1961): J. Fac. Agron., Hokkaido Univ., Sapporo, Vol. 51 (3): 449 (Galiano, 1971).
- TANAKA A. y TOSHIKI T (1972): Potash Review, Subject 9, 21st suite (Loué, 1978).

- TAYLOR A.W. (1978): APCA Journal 28 (3):922.
- TAYLOR A.W., GLOTFEL D.E., TURNER B.C., SILVER R.E., FREEMAN H.P. y WEISS A. (1977): J. Agric. Food Chem. 25:543.
- TAYLOR B.K. (1971): En "Recent Advances in Plant Nutrition". Vol. 1. -- Edit: Samish R.M., Gordon and Breach Science Publishers, N.Y.).
- TAYLOR G.A. (1956): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 67:5.
- TEEL M.R. (1968): En "The Role. Potassium in Agriculture". ASA, CSSA, -- SSSA, 667. South Sagae. Road, Madison, Wisconsin.
- TERRY N. (1980): Plant Physiol. 65:114.
- THECNICON INSTRUMENTS CORPORATION (1976): Industrial Method No. 329-74 W/A. Revised January 1976.
- THE PESTICIDE MANUAL. A World Compendium. Sixth Edition. (1979): Published by the British Crop. Protection Council. Edit.: Worthing Ch.R.
- THIERS R.E. (1957): "Methods of Biochemical Analysis" Edit.: Gleck D., Intersuence Publishers.
- THOMAS G.W., COLEMAN N.T. y JACKSON W.A. (1953): Agron. J. 51:591.
- THOMAS M.D., HENDRICKS R.H., BRYNER L.C. y HILL G.R. (1944): "Etude du metabolisme du soufre chez le blé, l'orge et le mais á l'aide de S radio actif, 227 (Recalde y Martín, 1968).
- THOMAS W. (1937): Plant Physiol. 12:571.
- THOMAS W. (1945): Soil Sci. 59:353.
- THOMAS W. (1947): Proc. XIth Inter. Congr. of Pure and Appl. Chem. 3:323. (Dios Vidal y Albareda, 1954).
- THOMAS W. y MACK W.B. (1940): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 37:253.
- THOMPSON G. y BANKSTON D.C. (1969): Spectrochim. Acta, part B 24:335.

- THOMPSON L.M. (1957): "Soils and Soil Fertility". McGraw-Hill. Book Company, N.Y.
- THORNE D.W. y WALLACE A. (1944): Soil Sci. 57:299.
- THORNE D.W. y WANN F.B. y ROBINSON W. (1950): Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 15:254 (Wallace, 1982).
- TIEDEMANN A.R. y ANDERSON T.D. (1971): Plant and Soil 35:197.
- TING I.P. y DUGGER W.M. (1967): Plant Physiol. 42:712.
- TISDALE S.L. y NELSON W.L. (1966): "Soil Fertility and Fertilizers". The McMillan Co., N.Y. (Galiano, 1971).
- TISSUT M. (1972): Trav. Soc.Pharm. Montpellier 39 (4):259.
- TITUS J.S. (1982): En "Plant Nutrition 1982". Proc. Ninth Int. Plant. Nutr. Coll. Vol. II, pág. 676. Edit. Scoife A, Common Wealth Agricultural -- Bureaux.
- TITUS J.S. y BOYNTON D. (1953): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 61:6.
- TITUS J.S. y GHOSHEN N.S. (1963): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 82:35 (Bould, 1966).
- TKACHEV V.M. (1970): Vestn. Sel'shokhoz Nauki (Alma-Ata) 13 (2):65 (C.A. 73, 34120 m).
- TRZCINSKI T. (1978): Revue de L'Agriculture 2, Vol. 31, pág. 267.
- TSO T.C., CHAPLIN J.F., LELACHEUR K.E. y SHEETS T.J. (1980): Beitrage zur Tabakforschung International 10(2):114.
- TUKEY H.B. (1970): Ann. Rev. Plant Physiol. 21:305.
- TUKEY H.B., TUKEY H.B.S. y WITTWER S.H. (1958): Proc. Amer. Soc. Hort.Sci. 71:496.
- TURREL F.M. y WEBER J.R. (1955): Le soufre elementaire pulverulent, aliment pour les feuilles de citronnier, 122. (Recalde y Martín, 1968).

- TYREE M.T., PETERSON C.A. y EDGINGTON L.V. (1979): *Plant Physiol.* 63: 367.
- UDOH D.J. y NELSON L.E. (1983): *Agron. Abstr.* 1983:181 (Chaney, 1984)
- UHL D.E., LANCASTER E.B. y VOJNOVICH C. (1971): *Anal. chem.* 43:900.
- ULRICH A. (1941): *Amer. J. Botany* 28:526 (C.A. 36, 517⁵)
- ULRICH A. (1942): *Amer. J. Botany* 29:220 (C.A. 37, 3826¹).
- ULRICH A. (1948): En "Diagnostic Technique for Soils and Crops". Amer. Potasch Inst., Washington, D.C.
- ULRICH A. (1952): *Ann. Rev. Plant Physiol.* 3:207.
- ULRICH A. (1955): *Plant Physiol.* 30:250.
- U.S. Department of Agriculture (1957): Method 580.0, Agricultural Research Service, Plant Pest. Control Division, Washington D.C., (Kilgore, 1964).
- VAN DYK L.P. (1975): *Phytophylactica* 7 (1):65 (C.A. 88, 46351k).
- VAN EGMOND F. (1975): *Agric. Res. Rep.* (Wagenigen) 832.
- VAN EGMOND F. y AKTAS M. (1977): *Plant and Soil* 48:685.
- VAN GEIJN S.C., PETIT C.M. y ROELOFSEN H. (1979): *Commun. Soil. Sci. Plant Anal.* 10:225.
- VAN TUIL H.D.W. (1965): *Agric. Res. Rep.* (Wageningen) 657.
- VANG-PETERSEN O. y HANSEN P. (1973): *Tidsskr. Planteavl.* 77(2):244
- VARJU M. (1972): En "3^e Colloq. Europ. Meditt. Contr. Aliment. Plant. -- Cult.", Vol. 1, pág. 207, Budapest.
- VENKAT-RAJU K., MARSCHNER H. y ROMHELD V. (1972): *Z. Pflanzenernahr, -- Bodenk.* 132:177 (Landsberg, 1981).
- VERESHGHAGINA V.V. y KISKIN P.kh. (1956): *Sadovods-tvo, Vinogradaretvo i Vinodelie Moldavii* 11 (5):59 (C.A. 51, 3907e).

- VESK M., POSSINGHAM J.W. y MERCER F.V. (1966): Aust. J. Bot. 14:1.
- VICKERY H.B. (1961): Connect. Agric. Res. Sta. Bull. 640 (Dijkshoorn, 1971).
- VIEL G. (1960): Bull. Inst. Agron. Stos. Recherches Gembloux 3:1182 - (C.A. 55, 9166b).
- VILLA P., ORECCHIO F. y PIERSANTI S. (1976): Acta med. rom. 14:97.
- VITANOVA I. y PRODANOV G. (1979): Gradinar Lazar. Nauka 16(4):6. (C.A. 93, 128826 m).
- VITANOVA J. y PRODANOV G. (1980): Gradinar. Lozar. Nauka. 17(2):32 (C.A. 95, 219340f).
- VOIGHT G.K. (1954): Agron. J. 46:511.
- VONK J.W. y SIJPESTEIJN A.K. (1971): Pestic. Biochem. Physiol. 1:163.
- VOSS R.D. (1970): En "Proc. 22nd. Ann. Fertilizer Ag. Chem., Dearless -- Conf. Iowa. State University, Ames, Iowa (Munson y Nelson, 1973)
- WAIN R.L. y CARTER G.A. (1977): En "Syst. Fung., 2nd Ed. 1977". Edit.: Marsh R.W., Longman Group Ltd. Harlow/Essex, Engl. (C.A. 87, 12786 p).
- WALLACE A. (1963): Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27:176.
- WALLACE A. (1981): J. Plant Nutr. 3 (1-4):637.
- WALLACE A. (1982): J. Plant Nutr. 5 (4-7):277.
- WALLACE A. y col., (1966): En "Current Topics in Plant Nutrition". Edit.: Wallace A., Los Angeles.
- WALLACE A. y col. (1971): En "Regulation of the Micronutrient Status of - Plants by Chelating Agents and other factors". pág. 159. Edit.: Wallace A. Los Angeles.
- WALLACE A. y col. (1976): Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 7:1.

- WALLACE A. y DEKOCK P.C. (1966): En "Current Topics in Plant Nutrition",
pág. 3., Edit.: Wallace A., Los Angeles.
- WALLACE A., KINNEAR J., CHA J.W. y ROMNEY E.M. (1980): J. Plant. Nutri-
tion 2 (1-2):1
- WALLACE A. y LUNT D.R. (1960): Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 75:819. (Wa-
llace, 1982).
- WALLACE A. y MUELLER R.T. (1980): J. Plant Nutr. 2 (1-2):247.
- WALLACE A., MUELLER R.T. y ALEXANDER G.V. (1976): Commun. Soil Sci. Plant
Anal. 7(1):43.
- WALLACE A., MUELLER R.T. CHA J.W. y ROMNEY E.M. (1982): J. Plant. Nutr. -
5 (4-7):805.
- WALLACE A., NAUDE C.J., MUELLER R.T. y ZIDAM Z.J. (1952): Proc. Amer. Soc.
Sci. 59:133.
- WALLACE A., ROMNEY E.M., EL-GASSAR A.M. y KHADR A.H. (1979): Alex. J. Agric.
Res. 27(1):87.
- WALLACE A., TOTH S.J. y BEAR F.E. (1949): Agron. J. 41:66.
- WALLACE A. y WALLACE G.A. (1984): J. Plant Nutr. 7(1-5):847.
- WALLACE A., ZAIDAN Z.J., MUELLER R.T. y NORTH C.P. (1954): Proc. Amer. Soc.
Hort. Sci. 64:87 (Smith, 1962).
- WALLACE T. (1928): J. Pomology Hort. Sci. 7:172 (Iljin, 1952).
- WALLACE T. (1951): En "Diagnosis of Mineral Deficiencies in Plants". --
H.M.S.O. London. (Bould y col., 1960).
- WALLINHAN E.F. (1955): Amer. J. bot. 42:101 (Chen y Barak, 1982).
- WALLINHAN E.F. (1978): En "Soil and Plant Tissue Testing in California." -
Bull. No. 1879. University of California.
- WALLINHAN E.F. y HEYMANN-HERSCHBERG L. (1956): Plant Physiol. 31:294.

- WALSH A. (1955): Spectrochim. Acta, 7:108.
- WALSH L.M., ERHARDT W.H. y SEIBEL H.D. (1972): J. Environ. Quality 1(2): 197.
- WARD R.C., WHITNEY D.A. y WESTFALL D.G. (1973): En "Soil Testing and -- Plant Analysis". Edits.: Walsh L.M. y Beaton J.D., Soil Sci. Soc. - Amer., Madison, Wisconsin.
- WARDLAN J.F. (1974): Ann. Rev. Plant. Physiol. 25:515.
- WARNER M.H. y JONES J.B. (1970): Commun. Soil Sci. Plant Anal. 1:109.
- WATANABE F.S., LINDSAY W.L. y OLSEN R.L. (1964): Soil Sci. Soc. Amer. - Proc. 29:562 (C.A. 64, 10354e).
- WATKINSON J.H. (1966): Anal.Chem. 38:92.
- WEDDING R.T. y KIEHL L.A. (1958): Amer. J. Bot. 45(2):138.
- WEINSTEIN L.H. y ROBBINS W.R. (1955): Plant Physiol. 30:27.
- WEL Z.B. y WEINDEKING E. (1970): Anal. Chem. 252, 111.
- WEST F.K., WEST P.W. e IDINGS F.A. (1966): Anal. Chem. 38:1566.
- WESTWOOD M.N. (1982): "Fruticultura de zonas templadas". Ediciones Mundi-
-Prensa. Madrid.
- WESTWOOD M.N., BATJER L.P. y BILLINGSLEY H.D. (1960): Amer. Soc. Hort. Sci.
Proc. 76:30
- WILLIAMS D.E. y VLAMISS J. (1961): Anal. Chem. 33(7):967.
- WILSON R.W. (1971): En "Recent Advances in Plant Nutrition". Vol. 1, Edit.
Samish R.M. (Gordon and Breach Science Publishers: N.Y.)
- WINDFORDNER J.D. y ELSER P.C. (1971). Anal. Chem. 43:23A.
- WINDFORNNER J.D., SYOBODA V. y CLINE L.J. (1970): C.R.C. Crit. rev. Anal.
Chem 1:233.

- WITTWER S.H., y TEUBNER T.G., (1959): *Ann. Rev. Plant. Physiol.* 10:13.
- WOOD J.G. y SIBLY P.M. (1952): *Aust. J. Sci. Res. B* 5, 244 (Leece, 1976).
- WOODWARD C. (1969): *At. Absorpt. Newsl.* 8:121
- WOOLHOUSE R.W. (1983): En "*Encyclopedia of Plant Physiol New Series.* - Vol. 12C" Edits: Lange D.L., Nobel P.S., Osmond C.B. y Ziegler H., Springer-Verlag, N.Y.
- WORT D.J. (1964): En "*The Physiology and Biochemistry of Herbicides.*" - Edit.: Andus L.J., Academic Press, London and N.Y.
- YAÑEZ J. (1969): Tesis doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.
- YAÑEZ J., DEL RIO L.A., LACHICA M., y GOMEZ M. (1979): *Anal. Edaf. Agro biol.* XXXVIII (9-10):1803.
- YOUNG O. y BEEVERS H. (1976): *Phytochemistry* 15:379
- YU M.H. y MILLER G.W. (1982): *J. Plant Nutr.* 5:1259
- YU S.J. y MORRISON F.O. (1969): *J. Econ Entomol.* 62 (6):1296 (C.A. 72. 54024r).
- YUKIMOTO M.C., e ISHITANI A. (1981): *Noyaku henshao Hokoku* 21:50
- ZAKHURYAPINA T.D. (1970): *Tr. Molodykh. Nauk Satrudnikov, Krasnodar.* - Nauch-Issled. Inst. Sel Khoz. 2:144 (C.A. 80, 672x)
- ZELENA E. (1977): *Biol. Plant* 19:272
- ZHIZNEVSKAYA G.Ya. (1973): *Agrochimica* XVII (1-2):46.
- ZIMHERMAN M.H. y MILBURN J.A. (1975, Edits.): "*Transport in Plants. I. Phloem Transport Encyclopedia of Plant Physiology*", Vol. 1. Springer-Verlag, Berlín.

ZURBICKI Z.J. (1961): En "Plant Analysis and Fertilizer Problems". -
Publ. 8., Amer. Inst. of Biological Sciencies, Washington D.C. --
(Smith, 1962).

ZWICK R.W., KIIGEMANI V. y FIELDS G.J. (1977): J. Agric. Food. Chem.
25 (4):937

