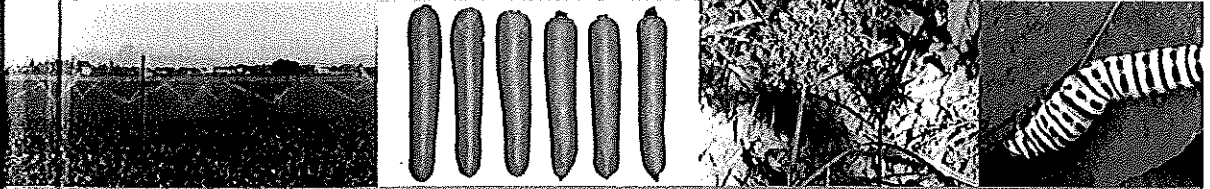


Biofumigación en Agricultura Extensiva de Regadío



A. Bello, J.A. López-Pérez, A. García Álvarez

fundación
Quralcaja
ALICANTE

MP

Josepino

**BIOFUMIGACIÓN
EN AGRICULTURA
EXTENSIVA DE REGADÍO**
Producción Integrada de Hortícolas

A. Bello, J.A. López-Pérez, A. García Álvarez

Departamento de Agroecología
Centro de Ciencias Medioambientales (CCMA)
Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)



Coedición:
FUNDACIÓN RURALCAJA ALICANTE
EDICIONES MUNDI-PRENSA
2003

R. 19.096

Nº Registro 1029476
Cod. barras 265771

Patronato de Fundación

Ruralcaja Alicante

Presidente:

D. Juan Antonio Carrasco Belmonte

Patronos:

D. Joaquín Añó Montalvá

D. Raúl Lafuente Sánchez

D. Francisco Figuerola Aparisi

Secretario: D. Francisco Mirallave Izquierdo

Presidente de Caja Rural del Mediterráneo

RURALCAJA

D. Luis Juares Argente

Fundación Ruralcaja Alicante

C/. Cabañal, 1 - 03016 Alicante

Tel. 965 23 30 05 - Fax 965 15 42 22

CIF: P-G 53362414

E-mail: fundacion_ruralcaja@cajarural.com

• Internet: www.ruralcaja.es

Grupo Mundi-Prensa

• **Mundi-Prensa Libros, s.a.**

Castelló, 37 - 28001 Madrid

Tel. 914 36 37 00 - Fax 915 75 39 98

E-mail: libreria@mundiprensa.es

• Internet: www.mundiprensa.com

• **Mundi-Prensa Barcelona**

• **Editorial Aedos, s.a.**

Consell de Cent, 391 - 08009 Barcelona

Tel. 934 88 34 92 - Fax 934 87 76 59

E-mail: barcelona@mundiprensa.es

• **Mundi-Prensa México, s.a. de C.V.**

Río Pánuco, 141 - Col. Cuauhtémoc

06500 México, D.F.

Tel. (+52)-5-533 56 58 - Fax (+52)-5-514 67 99

E-mail: resavbp@data.net.mx

© 2003, Fundación Ruralcaja Alicante

© 2003, Ediciones Mundi-Prensa

Depósito Legal: A-93-2003

ISBN: 84-8476-127-4

No se permite la reproducción total o parcial de este libro ni el almacenamiento en un sistema informático, ni la transmisión de cualquier forma o cualquier medio, electrónico, mecánico, fotocopia, registro u otros medios sin el permiso previo y por escrito de los titulares del Copyright.

IMPRESO EN ESPAÑA - PRINTED IN SPAIN

Imprime: Imprenta Botella - C/. Boyero, 21 - Tel. 96 510 27 28 - 03007 Alicante

| | |
|---|-----------|
| PROLOGO | 17 |
| INTRODUCCION | 21 |
| INTRODUCTION | 29 |
| PARTE 1 - Agroecología. | 37 |
| 1. Rasgos geográficos de las tierras del Alto Vinalopó | |
| <i>A. Rico Amorós, J. Olcina Carrón, V. Patños Caliendo</i> | 39 |
| 1.1. Un medio físico diverso y complejo | 39 |
| 1.2. El clima, recurso y riesgo | 44 |
| 1.2.1. El significado económico y territorial de los riesgos climáticos | 48 |
| 1.2.2. El factor climático y la distribución de cultivos en el Alto Vinalopó | 54 |
| 1.3. Sobreexplotación y gestión colectiva de acuíferos. La necesidad del trasvase Júcar-Vinalopó | 54 |
| 1.3.1. La sobreexplotación de acuíferos | 54 |
| 1.3.2. Gestión colectiva de aguas subterráneas | 61 |
| 1.3.3. La Comunidad General de Usuarios del Alto Vinalopó ... | 62 |
| 1.3.4. La conexión Júcar-Vinalopó: 600 años de peticiones desatendidas | 66 |
| 1.4. El significado territorial de la agricultura. La importancia del regadío | 69 |
| 1.5. Conclusiones | 84 |
| Bibliografía | 86 |
| 2. Suelos agrícolas de Villena | |
| <i>J.L. de la Hoz, L. Díaz-Viruliche, R. Sanz</i> | 89 |
| 2.1. Climatología | 90 |
| 2.1.1. Temperatura | 90 |
| 2.1.2. Precipitaciones | 91 |
| 2.1.3. Balance hídrico | 93 |
| 2.2. Geología | 94 |
| 2.3. Suelos | 94 |
| 2.4. Conclusiones | 113 |
| Bibliografía | 115 |
| 3. Los minerales de la arcilla en los suelos de Villena | |
| <i>C. Viquecymo, M. T. García-González, L. Díaz-Viruliche</i> | 117 |
| 3.1. Características de las arcillas | 117 |
| 3.2. Perfiles estudiados y métodos empleados para la caracterización de la fracción arcilla | 120 |
| 3.3. Minerales de la fracción arcilla encontrados en los suelos de Villena | 121 |
| 3.4. Conclusiones | 122 |
| Bibliografía | 123 |

| | |
|---|-----|
| 4. Fertilidad de los suelos de Villena F. Serrano, L. Diaz-Viruliche, R. Sanz | 129 |
| 4.1. Reacción del suelo | 129 |
| 4.2. Materia orgánica | 131 |
| 4.3. Nitrogeno | 136 |
| 4.4. Relación carbono - nitrógeno (C/N) | 140 |
| 4.5. Composición granulométrica y textura | 140 |
| 4.6. Capacidad de cambio catiónico | 142 |
| 4.7. Porcentaje de saturación por bases | 143 |
| 4.8. Conductividad eléctrica | 143 |
| 4.9. Fósforo asimilable | 146 |
| 4.10. Potasio asimilable | 148 |
| 4.11. Consideraciones finales en relación con el riego | 150 |
| Bibliografía | 151 |
| 5. Nematodos fitoparásitos en los cultivos de Villena M. Escobar, A. Bello | 153 |
| 5.1. Morfología | 154 |
| 5.2. Descripción y características de las especies del orden Tylenchida | 155 |
| 5.3. Descripción y características de las especies del orden Dorylaimida | 180 |
| 5.4. Interés fitoparásito de los nematodos encontrados en Villena | 184 |
| 5.5. Control de nematodos | 185 |
| 5.6. Conclusiones | 187 |
| Bibliografía | 188 |
| 6. Nematodos libres del orden Dorylaimida en suelos de Villena S. C. Arcos | 191 |
| 6.1. Características generales de la morfología del orden Dorylaimida | 191 |
| 6.2. Descripción de las especies encontradas en Villena | 193 |
| 6.3. Frecuencia y abundancia de dorylaimidos en cultivos de Villena | 210 |
| 6.4. Conclusiones | 211 |
| Bibliografía | 212 |
| 7. Hongos y bacterias patógenas de la zanahoria R. Blanco Prieto, M. Santos Hernández, J. Tello Marguina | 217 |
| 7.1. Enfermedades transmitidas por semillas | 217 |
| 7.2. Enfermedades de las raíces | 219 |
| 7.3. Enfermedades de la parte aérea | 226 |
| 7.4. Enfermedades en postosecha | 230 |
| 7.5. Conclusiones | 232 |
| Bibliografía | 233 |
| 8. Virus y fitoplasmas de la zanahoria G. Torralba, I. Font, P. Abad | 239 |
| 8.1. Carror mosaic potyvirus (CeMV): Mosaico de la zanahoria | 240 |
| 8.2. Carror mortle umbravirus (CMoV): Virus del moreado de la zanahoria | 242 |
| 8.3. Carror red leaf luteovirus (CRLV): Virus de la hoja roja de la zanahoria | 243 |
| 8.4. Complejo "mottle dwarf": Enfermedad del enanismo abigarrado de la zanahoria | 245 |
| 8.5. Carror thin leaf potyvirus (CTLV): Virus de la hoja fina de la zanahoria | 246 |
| 8.6. Parsnip yellow fleck sequivirus (PYFV): Punteado amarillo de la chirivía | 248 |
| 8.7. Otros virus | 248 |
| 8.7.1. Alfalfa mosaic alfamovirus (AMV): Virus del mosaico de la alfalfa | 248 |
| 8.7.2. Celery mosaic potyvirus (CeMV): Mosaico del apio | 249 |
| 8.8. Fitoplasmas | 249 |
| 8.8.1. "Aster yellows": Amarilleamientos del áster | 250 |
| 8.8.2. "Stolbur" (Potato stolbur phytoplasma) | 252 |
| 8.9. Conclusiones | 254 |
| Bibliografía | 254 |
| 9. Plagas de la zanahoria P. Bielza, L. M. Torres-Vila, A. Lacasa | 257 |
| 9.1. Gusanos de alambre (<i>Agrotis lineatilis</i>) | 258 |
| 9.2. Mosca de la zanahoria (<i>Pisila rosae</i>) | 263 |
| 9.3. Pulgones | 265 |
| 9.4. Gusanos grises | 268 |
| 9.5. Orugas | 269 |
| 9.6. Otras plagas | 271 |
| 9.7. Conclusiones | 272 |
| Bibliografía | 272 |
| 10. Flora arvense en cultivos hortícolas A. Monserrat Delgado | 275 |
| 10.1. Flora arvense | 276 |
| 10.2. Interacción de las hierbas con los cultivos | 279 |
| 10.3. Control de la flora arvense | 281 |
| 10.3.1. Prácticas culturales | 282 |
| 10.3.2. Métodos mecánicos | 283 |
| 10.3.3. Acolchados | 285 |
| 10.3.4. Métodos térmicos | 285 |
| 10.3.5. Escarda química | 285 |
| 10.3.6. Solarización - Biomufgación | 288 |

10.4. Control químico de hierbas en zanahoria 290
 10.5. Control de juncia 292
 10.6. Control de cuscuta 295
 10.7. Conclusiones 298
 Bibliografía 299

11. Técnicas de cultivo en zanahorias

J. C. Ferrández.....

11.1. Preparación del terreno 311
 11.2. Aportación de fertilizantes y enmiendas orgánicas 314
 11.3. Aportación de herbicidas en presembrado 314
 11.4. Siembra 314
 11.5. Otras labores de cultivo 316
 11.6. Recolección 316
 11.7. Rotaciones 318
 11.8. Plagas y enfermedades 318
 11.9. Otras afecciones 319
 Bibliografía 319

12. Agronomía del nematodo formador de nódulo

Meloidogyne incogniza

J.A. López-Pérez, A.Bello, R.Sanz, A.García Álvarez.....

12.1. Biología de *M. incogniza* 321
 12.2. Caracterización de razas en las poblaciones de *M. incogniza* en Villena 322
 12.3. Efecto de la temperatura sobre *M. incogniza* 323
 12.4. Síntomas producidos por *M. incogniza* en raíz de zanahoria 325
 12.5. Relación de *M. incogniza* con la flora arvensis 328
 12.6. Control 331
 12.7. Conclusiones 334
 Bibliografía 336
 337

PARTE 2 - Biofumigación y producción integrada. 341

13. Biofumigación y control de patógenos de las plantas

A.Bello, J.A. López-Pérez, A. García Álvarez, L. Díaz-Viruliche.....

13.1. Biofumigación y materia orgánica 343
 13.2. Biofumigación y solarización 345
 13.3. Biofumigación e inundación 350
 13.4. Biofumigación y anaerobiosis 352
 13.5. Aplicación de la biofumigación en campo 354
 13.6. Conclusiones 359
 Bibliografía 362

14. Evaluación de nuevos biofumigantes

A.Bello, L. Díaz-Viruliche, J.A. López-Pérez, A. García Álvarez.....

14.1. Antecedentes sobre los biofumigantes elegidos 371
 14.2. Evaluación de los biofumigantes de origen animal 373
 14.2.1. Estiércol de oveja 387
 14.2.1.1. Influencia sobre los nematodos 387
 14.2.1.2. Repercusión en la fertilidad del suelo 389
 14.2.1.3. Efecto sobre la planta 390
 14.2.2. Gallinaza 392
 14.2.2.1. Influencia sobre los nematodos 392
 14.2.2.2. Repercusión en la fertilidad del suelo 395
 14.2.2.3. Efecto sobre la planta 395
 14.3. Evaluación de abonos verdes 397
 14.3.1. Crucíferas: brasicas 397
 14.3.1.1. Influencia sobre los nematodos 398
 14.3.1.2. Repercusión en la fertilidad del suelo 400
 14.3.1.3. Efecto sobre la planta 400
 14.3.2. Gramíneas: compost de maíz 402
 14.3.2.1. Influencia sobre los nematodos 402
 14.3.2.2. Repercusión en la fertilidad del suelo 407
 14.3.2.3. Efecto sobre la planta 408
 14.3.3. Leguminosas: habas 412
 14.3.3.1. Influencia sobre los nematodos 412
 14.3.3.2. Repercusión en la fertilidad del suelo 414
 14.3.3.3. Efecto sobre la planta 414
 14.4. Evaluación de residuos agroindustriales 416
 14.4.1. Restos de olivo 416
 14.4.1.1. Influencia sobre los nematodos 417
 14.4.1.2. Repercusión en la fertilidad del suelo 432
 14.4.1.3. Efecto sobre la planta 433
 14.4.2. Restos de vid: orujo de uva 439
 14.4.2.1. Influencia sobre los nematodos 439
 14.4.2.2. Efecto sobre la planta 440
 14.5. Eficacia de los biofumigantes sobre los nematodos y efecto sobre la planta 442
 14.6. Selección de dosis óptimas 451
 14.7. Conclusiones 456
 Bibliografía 457

15. Estudio de bionminerales en plantas

L. Díaz-Viruliche, A. López-Pérez, A. Pinilla.....

15.1. Bionminerales 467
 15.2. Silicofitolitos 468
 15.3. Fitolitos de oxalato cálcico 469
 15.4. Estudio de fitolitos en brasicas 470
 472

| | |
|--|-----|
| 15.5. Estudio de fitolitos en gramíneas | 474 |
| 15.6. Conclusiones | 474 |
| Bibliografía | 475 |
| 16. Evaluación de la biofumigación en agricultura extensiva | |
| <i>A.Bello, A.López-Pérez, L.Díaz-Vrúliche, M. Arias,</i> | |
| <i>A. García Álvarez, R.Sanz, J.C.Fernández, M.A. Leal, A.Martínez</i> | |
| 16.1. Antecedentes | 477 |
| 16.2. Biofumigación en el cultivo de zanahoria | 477 |
| 16.2.1. Esfenocol de oveja | 497 |
| 16.2.1.1. Influencia sobre los nematodos | 497 |
| 16.2.1.2. Repercusión en la fertilidad del suelo | 499 |
| 16.2.1.3. Efecto sobre la planta | 499 |
| 16.2.2. Restos de brasicas | 501 |
| 16.2.2.1. Influencia sobre los nematodos | 501 |
| 16.2.2.2. Repercusión en la fertilidad del suelo | 505 |
| 16.2.2.3. Efecto sobre la planta | 505 |
| 16.2.3. Restos de champiñón | 508 |
| 16.2.3.1. Influencia sobre los nematodos | 508 |
| 16.2.3.2. Repercusión en la fertilidad del suelo | 510 |
| 16.2.3.3. Efecto sobre la planta | 510 |
| 16.2.4. Efecto de los tratamientos sobre la microcización | 513 |
| 16.3. Residuos de alpechines | 514 |
| 16.3.1. Influencia sobre los nematodos | 515 |
| 16.3.2. Influencia sobre la fertilidad del suelo | 517 |
| 16.3.3. Efecto sobre la planta | 520 |
| 16.3.4. Efecto sobre la germinación | 526 |
| 16.3.5. Determinación de fitotoxidad | 529 |
| 16.3.6. Efecto sobre la biomasa | 531 |
| 16.4. Valor biofumigante de los restos | 534 |
| 16.4.1. Efecto biofumigante de los restos | |
| de una rotación con trigo | 534 |
| 16.4.1.1. Influencia sobre los nematodos | 534 |
| 16.4.1.2. Influencia en la fertilidad del suelo | 535 |
| 16.4.1.3. Efecto sobre la planta | 536 |
| 16.4.2. Efecto biofumigante de los restos | |
| de una rotación con maíz | 537 |
| 16.4.2.1. Influencia sobre los nematodos | 538 |
| 16.4.2.2. Influencia en la fertilidad del suelo | 539 |
| 16.4.2.3. Efecto sobre la planta | 539 |
| 16.5. Evaluación de la eficacia de la biofumigación | 540 |
| 16.5.1. Biofumigantes de origen animal | 545 |
| 16.5.2. Abonos verdes | 545 |
| 16.5.3. Residuos agroindustriales | 547 |
| 16.6. Estudio de la eficacia de los tratamientos óptimos aplicados | 551 |
| 16.7. Conclusiones | 551 |
| Bibliografía | 553 |

| | |
|---|-----|
| 17. Efecto del alpechín en la compactación del suelo | |
| <i>A. García Álvarez, L.Díaz-Vrúliche, A.López-Pérez, A. Bello</i> | |
| 17.1. Degradación del suelo por compactación | 563 |
| Un problema en expansión | 563 |
| 17.2. Material, diseño del muestreo y metodología | 566 |
| 17.3. Resultados y discusión | 569 |
| 17.4. Conclusiones | 572 |
| Bibliografía | 572 |
| 18. Efecto de la biofumigación sobre producción y calidad | |
| <i>A.Bello, M.Arias, L.Díaz-Vrúliche, J.A. López-Pérez, R.Sanz</i> | |
| 18.1. Efecto de la biofumigación sobre la densidad de planta | |
| y producción | 581 |
| 18.2. Efecto de la biofumigación sobre la calidad | 582 |
| 18.3. Efecto de plagas, enfermedades | |
| y técnicas de cultivos sobre la calidad | 585 |
| 18.4. Conclusiones | 587 |
| Bibliografía | 590 |
| 19. Evaluación económica de la biofumigación | |
| <i>A.Bello, J.A.López-Pérez, L.Díaz-Vrúliche, R.Sanz,</i> | |
| <i>A. Martínez, M. Martínez</i> | |
| 19.1. Evaluación de disponibilidad y costes de biofumigantes | 629 |
| 19.1.1. Biofumigantes de origen animal | 630 |
| 19.1.2. Abonos verdes | 631 |
| 19.1.3. Residuos agroindustriales | 632 |
| 19.2. Evaluación de costes totales | 634 |
| 19.2.1. Biofumigantes sólidos | 636 |
| 19.2.2. Biofumigantes líquidos | 643 |
| 19.2.3. Biofumigación en cultivos extensivos | 644 |
| 19.3. Cálculo de la rentabilidad de la producción | 645 |
| 19.4. Conclusiones | 646 |
| Bibliografía | 652 |
| 20. Producción integrada en hortalizas | |
| <i>J.L. Forciana</i> | |
| 20.1. La necesidad de redefinir el concepto de producción integrada | 655 |
| 20.2. Viabilidad de la producción integrada transgénica | 656 |
| 20.3. Plantamientos agroecológicos para el control de plagas y | |
| enfermedades en los programas de producción integrada. | |
| Diversificación de los materiales genéticos en el tiempo | |
| y el espacio | 657 |
| 20.3.1. Estrategias agroecológicas para el diseño | 660 |
| 20.3.2. Estrategias agroecológicas para el manejo | 660 |
| 20.3.3. Estrategias agroecológicas para el manejo | 663 |
| 20.4. Umbrales de tratamientos versus umbrales ecológicos | 664 |
| 20.5. Producción integrada. | |
| Una asignatura pendiente dentro del sistema | 665 |
| 20.6. Diseño de sistemas agrarios diversificados. Un concepto | |
| impredecible para la sostenibilidad de la producción integrada | 666 |
| Bibliografía | 669 |

- Soil Survey Staff 1975. *Soil Taxonomy: A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys*. Dep. Agric. Handb. n° 436. USDA, 754 pp.

- Tamés Alarcón C. 1949. *Bosquejo del Clima en España, según la Clasificación de C. W. Thornthwaite*. Boletín INIA 20, 123 pp.

3. Los minerales de la arcilla en los suelos de Villena

C. Vízceyno¹, M.T. García-González¹, L. Díaz-Viruliche²

(1) *Dpto Suelos*

(2) *Dpto Agroecología, CCMA, CSIC, Madrid*

El suelo es un sistema muy complejo en el que coexisten tres fases, una sólida, otra líquida y otra gaseosa, en estrecho equilibrio. La fase sólida, que es la que predomina, está rodeada de películas acuosas que forman la fase líquida. La fase gaseosa ocupa aquella parte del espacio poroso entre las partículas del suelo que no están rellenas de agua. Las relaciones físicas y químicas entre las tres fases están afectadas, además de por sus respectivas propiedades, por la temperatura, presión, luz y otros factores ambientales.

La fase sólida del suelo está formada por una mezcla heterogénea de compuestos orgánicos e inorgánicos y por consiguiente los procesos que se producen deben estudiarse desde diferentes facetas. El componente fundamental de los suelos es la fracción inorgánica, determinante de la mayoría de las propiedades de los mismos; está formada por partículas de diferente tamaño, que tienen una composición química y reactividad completamente distinta. La materia orgánica modifica también las propiedades de los suelos, especialmente si su contenido es mayor del 1%. La fracción arcilla es la parte mineral más activa de los suelos, tiene tamaño de grano menor de 2 μ m y está constituida por minerales cristalinos y otros componentes de menor rango de orden estructural.

3.1. Características de las arcillas

Las arcillas son aluminosilicatos hidratados, la mayoría de ellos con morfología laminar. Dentro de su estructura cristalina puede haber sustituciones isomórficas de unos átomos por otros, el aluminio puede sustituir al silicio y el magnesio o el hierro al aluminio, produciéndose una carga negativa que puede equilibrarse por la retención de determinados cationes que se

Llaman de *cambio* y que son de gran importancia en la nutrición de la planta. La cantidad de cationes absorbidos por la arcilla recibe el nombre de *capacidad de intercambio catiónico* (CIC), que en principio será más elevada, cuanto más arcilloso sea un suelo. Dentro de los minerales de la arcilla, no todos poseen la misma capacidad de cambio, pudiéndose establecer la secuencia: vermiculita > esmectita > illita > caolinita

Sin embargo en la naturaleza, los cristales de arcilla están rotos frecuentemente y en la posición donde se produjo la rotura habrá acumulación de cargas positivas o negativas, dependiendo fundamentalmente del pH del suelo. Las cargas positivas serán equilibradas por aniones, denominándose *capacidad de intercambio aniónica* (CIA) a la proporción de aniones que compensarán dichas cargas. Desde el punto de vista cuantitativo este valor es mucho menor que el de la capacidad de cambio catiónica. En el Cuadro 3.1 se presenta una relación de la CIC de las especies más representativas de los minerales de la arcilla.

Cuadro 3.1. Capacidad de intercambio catiónico en los minerales más representativos de la arcilla.

| Mineral | (meq/100g) |
|---------------------------------|------------|
| Esmectita | 80-150 |
| Illita | 10-40 |
| Caolinita bien cristalizada | 1-10 |
| Caolinita de baja cristalinidad | 30-40 |
| Halloisita | 5-10 |
| Clorita | 10-40 |
| Palygorskita | 5-30 |
| Vermiculita | 120-150 |

Entre los cationes de cambio más importantes para la nutrición de la planta, conviene destacar calcio, magnesio, potasio, sodio, amonio, cinc, cobre y hierro; entre los aniones los cloruros y sulfatos solo son fijados a valores muy bajos de pH, careciendo de interés práctico, mientras que los fosfatos son

adsorbidos fuertemente, incluso a valores de pH por encima de la neutralidad. El fósforo puede formar compuestos insolubles con calcio, hierro y aluminio, por lo que resulta muy difícil distinguir si se ha producido un intercambio o una precipitación química.

Puesto que el agua del suelo rodea a la fase sólida, su composición dependerá de la del sólido. Si la fase sólida es rica en un determinado elemento, parte de éste pasará a la fase líquida, alimentándose la planta principalmente de los nutrientes de la fase líquida aunque se admite que también lo pueda hacer directamente de la sólida (López Ritas y López Melida 1985). Cuando la planta adsorbe un determinado nutriente de la fase líquida, la sólida tiende a restituir el equilibrio liberando ese nutriente de nuevo a la fase líquida. Por el contrario, cuando se enriquece la solución del suelo por causa del abonado, parte de algún elemento añadido puede quedar fijado en la fase sólida. Los minerales y la materia orgánica, van liberando nutrientes que pasan a ser asimilables por la planta y también entran en el complejo equilibrio antes indicado. Desde un punto de vista cuantitativo hay muchos más nutrientes en la fase sólida que en la líquida.

Un factor importante que influye en la estabilidad de la estructura del suelo es la clase de ion que compensa la carga negativa de las arcillas. La máxima unión y estabilidad se obtiene cuando se trata de iones de alta valencia, entre ellos calcio, magnesio o aluminio. Iones monovalentes especialmente el sodio produce enlaces débiles entre las partículas. Los suelos con alta cantidad de sodio adsorbido se erosionan fácilmente, son poco adecuados para la agricultura y están poco aireados por la falta de poros en la estructura. El estado físico de estos suelos se mejoraría por el reemplazamiento de sodio por calcio.

Otra propiedad de los suelos que se encuentra afectada por el contenido y mineralogía de la arcilla, es la conductividad hidráulica, que disminuye cuando aumenta el contenido en arcilla para un suelo con mineralogía semejante (McNeal *et al.* 1968); por otro lado, cuanto mayor sea el contenido en esmectita y vermiculita, la conductividad disminuirá debido a la obstrucción de los poros del suelo producida por la dispersión de las partículas y su hinchamiento (Frenkel *et al.* 1978).

3.2. Perfiles estudiados y métodos empleados para la caracterización de la fracción arcilla

Para caracterizar las arcillas del horizonte superficial (Ap) de los suelos de Villena, de las seis calicatas descritas en el Capítulo 2, se han elegido las correspondientes al Perfil P1 en la Capilla 2, el km 3 de la carretera Villena a Caudete, que fue clasificado como Cambisol calcárico y al Perfil P3 en la "Casa del Menor", a la derecha de la carretera local de Villena a Caudete, que fue clasificado como Regosol calcárico.

La obtención de la fracción arcilla se realizó por sedimentación a partir de suspensiones acuosas al 1% en agua, utilizando amoníaco como dispersante. La extracción se llevó a cabo después de 8 horas de agitada la muestra, mediante sifonación a 10 cm de la superficie de la suspensión. Los líquidos se succionaron a través de bujías Chamberlain de porosidad L-3, con el objeto de no modificar las propiedades de las arcillas.

La identificación mineralógica de la fracción arcilla se realizó mediante la técnica de difracción de rayos X empleando un difractómetro Philips X'Pert con radiación CuK α . Las condiciones de excitación fueron de 40 KV y 50 mA. Se utilizó un monocromador secundario de grafito, un contador miniproportional y los diagramas se registraron con una velocidad de barrido de 0.02° 2 θ /s.

Dada la existencia de mezclas de minerales de la arcilla y como consecuencia de cierras similitudes difractográficas fue necesario la obtención de los siguientes difractogramas de cada una de las muestras: a) polvo desorientado, b) agregado orientado seco al aire (AO); c) agregado orientado solvado con etilenglicol (AE) y d) agregados orientados calentados a 300 y 500 °C durante 3 horas. La estimación semicuantitativa de los distintos minerales presentes en las muestras, se ha calculado utilizando los difractogramas de polvo desorientado y agregado orientado, y los factores de intensidad propuestos por Schultz (1964) y Ortega (1979).

3.3. Minerales de la fracción arcilla encontrados en los suelos de Villena

Los difractogramas correspondientes a los distintos tratamientos de la fracción arcilla de los horizontes Ap de los perfiles estudiados, se encuentran en las Figs 3.1 y 3.2. La composición semicuantitativa de los minerales presentes (% en peso relativo entre muestras) se recogen en el Cuadro 3.2.

Cuadro 3.2. Minerales encontrados en la fracción arcilla de los suelos de Villena.

| Mineral | Cambisol calcárico(Perfil-1)% | Regosol calcárico(Perfil-3)% |
|-------------|-------------------------------|------------------------------|
| Quarzo | 7 | 9 |
| Calcita | 30 | 16 |
| Feldesparos | nd | 3 |
| Caolinita | 18 | 11 |
| Illita | 42 | 59 |
| Clorita | 3 | 2 |
| Esmectita | trazas | nd |

nd = no detectado

Los minerales de la arcilla encontrados en estos suelos son típicos de ambientes semiáridos y áridos (Porta *et al.* 1994). En general se trata de especies heredadas, aunque no se puede descartar algún proceso de neofonnación. La presencia de carbonatos tiene implicaciones agronómicas al aumentar la concentración del anión bicarbonato en la solución del suelo, que puede bloquear la adsorción de hierro por las plantas provocando problemas de clorosis férrica. La caolinita puede proceder de la alteración de feldespatos y micas o puede ser heredada en suelos calizos de la zona semiárida. Las micas, minerales primarios formadores de las illitas, son frecuentes en suelos del área mediterránea, si bien pueden presentarse en casi todos los suelos y son uno de sus constituyentes más importantes. Con su alteración, el potasio interlamilar puede ser liberado, por lo que estos minerales pueden considerarse como una fuente potencial de potasio para la nutrición de las plantas. Norrish y

Pickering (1983) pusieron de manifiesto que las micas de grano fino liberan su potasio mas lentamente que las de grano grueso. Por otra parte, una arcilla micácea (illita) puede tomar el potasio añadido al suelo como abono, lo que hace perder eficacia al abonado. El amonio incorporado en suelos ricos en illita tiene un comportamiento análogo, ya que al tener un tamaño semejante al potasio puede quedar fijado en posición interlaminar. La clorita es un mineral relativamente poco frecuente en los suelos, debido a su baja estabilidad. Las esmectitas pueden aparecer como primer producto de alteración de las micas, por pérdida del aluminio interlaminar, o a partir de las cloritas, por pérdida de la capa de hidróxidos de magnesio interlaminar.

La ausencia de feldespatos y la existencia de una proporción ligeramente mayor de caolinita y trazas de esmectita en el perfil P-1 respecto al P-3, indica que el primero se encuentra algo mas evolucionado que el perfil P-3 como corresponde a su clasificación genética. Por tratarse de una arcilla expandible, la presencia de una pequeña proporción de esmectita conferirá al Cambisol cálcico (Perfil P-1) una capacidad de expansión-retracción interlaminar por el humedecimiento y secado que aportarán unas características de absorción muy adecuadas.

3.4. Conclusiones

De los resultados antes expuestos se demuestra que de los dos perfiles estudiados, el Cambisol calcárico es más evolucionado que el Regosol calcárico como corresponde a su clasificación genética. La presencia de carbonatos conducirá a un aumento de la concentración del anión bicarbonato en la solución del suelo. La fracción arcilla del perfil Cambisol calcárico está compuesta fundamentalmente por illita, calcita y caolinita. Aunque los minerales que componen la fracción arcilla del perfil Regosol calcárico son los mismos que los del Cambisol calcárico, calcita y caolinita se encuentran en menor proporción en el primero, mientras que la illita es más abundante en el segundo.

Este trabajo demuestra que el conocimiento de los distintos minerales presentes en la fracción arcilla, permitirá

interpretar algunas de las propiedades químicas de los suelos. En el caso concreto de los perfiles aquí estudiados, las características de contracción o dilatación de alguno de los minerales presentes, determinará la posibilidad de la retención por el suelo de una mayor cantidad de gases con poder biofumigante, que son importantes para que el proceso de biofumigación se lleve a cabo.

Se recomienda la determinación cualitativa y cuantitativa de los minerales presentes en la fracción arcilla, para conocer su participación en el proceso de biofumigación, en el caso en que se necesite aplicar este método para el control de organismos fitoparásitos de origen edáfico.

Bibliografía

- Frenkel H., J.O Goertzen, J.D Rhoades. 1978. Effect of clay type and content, exchangeable sodium percentage and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. *Soil Science Society of American Journal* 42, 32-39.
- Lopez Ritas J., J. López Melida. 1985. *El Diagnóstico de Suelos y Plantas*. Mundi Prensa, Madrid, 368 pp.
- McNeal B.L., D.A. Layfield, W.A Norvel, J.D Roades. 1968. Factors influencing hydraulic conductivity of oats in the presence of mixed-salt solution. *Soil Science Society of American Journal* 52, 187-190.
- Norrish K., J.G Pickering. 1983. Clay minerals In: *Soils: an Australian Viewpoint*. CSIRO Melbourne. Acad. Press, London, 281-508.
- @rega M. 1979. *Mineralogía de la Block Formation*. Depresión de Granada. Tesis Doctoral, Univ. de Granada, 497pp.

- Porta Casanellas J., M. López-Acevedo Reguerín, C. Roquero de Laburu. 1994. *Edafología para la Agricultura y el Medio Ambiente*. Mundi-Prensa, Madrid, 807 pp.

- Schultz L.G. 1964 *Quantitative Interpretation of Mineralogical Composition from X-ray and Chemical Data for the Pierre Shale*. United States Government Printing Office, Washington, DC. U.S. Geol. Surv. Prof. Paper, 391-C, C1-C31.

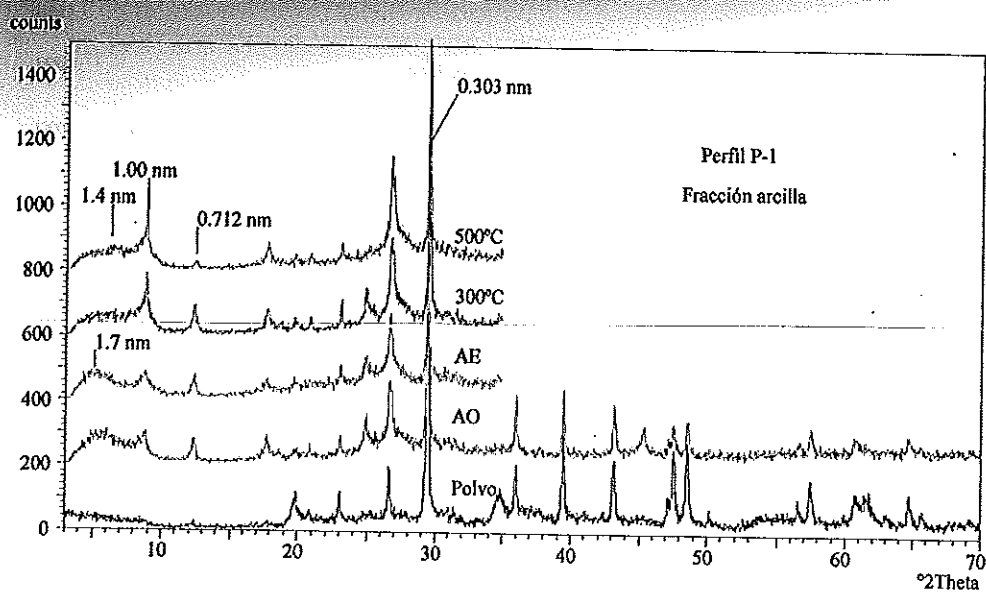


Fig. 3.1. Diagramas de difracción de rayos X de la fracción arcilla del horizonte Ap del Cambisol calcárico.

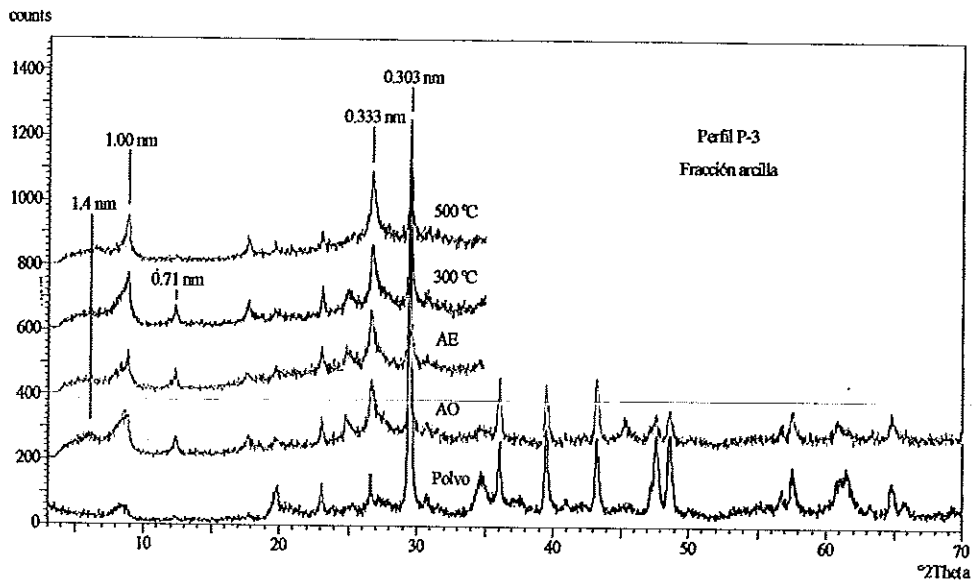


Fig. 3.2. Diagramas de difracción de rayos X de la fracción arcilla del horizonte Ap del Regosol calcárico.