

# Elements traça dels sòls dels vessants nord del Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac

J. Bech i F.J. Tobías

Càtedra de Pedologia  
Departament de Biologia Vegetal  
Facultat de Biologia  
Universitat de Barcelona

Entre Calella i Malgrat de Mar existeixen tres tipus de mineralitzacions de ferro situades entre materials silurians i relacionades entre si genèticament: nivells estratiformes de pirrotina; nivells estratol·ligats d'òxids i hidròxids de ferro; i jaciments massius d'òxids i hidròxids de ferro.

Els primers es formen pel metamorfisme de nivells de pirita d'origen volcànic-exhalatiu dipositats en una conca sedimentària sota condicions reductores. L'alteració supergènica dóna lloc a la seva oxidació, i es produeixen els nivells estratol·ligats de ferro. Alhora, es formen productes àcids rics en ferro dissolt que provoquen la substitució de roques calcàries per siderita. En condicions oxidants, la siderita s'oxida i dóna lloc a les masses d'òxids i hidròxids de ferro que en algunes ocasions s'han explotat a les mines de Malgrat de Mar.

## Introducció

Els sòls són components essencials del medi ambient, base dels ecosistemes terrestres, principi de moltes cadenes tròfiques i suport del medi urbà i industrial, espais de lleure i d'obres públiques. De fet, es tracta d'un recurs escàs, delicat, gairebé no renovable i, per tant, cal gestionar-lo acuradament (Bech, 1996). L'explotació agrícola i industrial ha comportat sovint concentració urbana, acumulació de deixalles i contaminació de sòls.

El sòl, per la seva composició, textura, estructura, porositat, etc., té propietats adsorbents, filtradores, fixadores, bescanviadores i biodegradadores. Es tracta, doncs, d'un medi natural reciclador i descontaminador. Però aquestes capacitats són limitades i si se sobrepassen els límits d'*amortiment*, el sòl pot contaminar-se i, de retruc, pot convertir-se en vector contaminant d'aigües i vegetals i, eventualment, de tota la cadena tròfica.

Realment, per poder parlar de sòl *contaminat* abans hem de saber què és un sòl *net*. Un sòl *net* hauria de presentar un nivell *natural*, *primigeni* en la seva quantitat i qualitat d'elements traça. Aquest nivell natural, *pristí* o *primigeni*, no afectat per influències antròpiques, seria el veritable *background*, pràcticament utòpic en l'actualitat. Nosaltres ja hem explicat que, ateses les inevitables influències de l'home i més en un país de les dimensions de Catalunya, encara que continuarem parlant de *background*, ens referim al *background local* o *relatiu*, que els americans denominen *baseline*, i defineixen com el *background* afectat per la influència humana. En tot cas, la concentració i varietat d'aquests elements pot ésser un tipus d'indicador ambiental de la *qualitat dels sòls* i, en conseqüència, de la *qualitat ambiental* general.

En aquest estudi, que forma part d'un de més ample sobre el *background* de metalls pesants i elements traça als sòls de Catalunya (Bech *et al.*, 1993 i 1997), s'hi determinen les concentracions d'una sèrie d'elements traça en sòls mostrejats segons una estratègia establerta i analitzats, també, seguint un protocol determinat, a fi d'assolir una representativitat i repetitivitat, en definitiva una informació objectiva i útil per a les autoritats, els gestors mediambientals i els científics.

El motiu d'aquesta recerca és verificar si el contingut dels elements traça als sòls del límit Nord del Parc de Sant Llorenç del Munt són del mateix ordre determinat per a la fulla de Manresa (Bech *et al.*, 1993a), és a dir si són valors de *background relatiu*, i eventualment detectat alguna possible anomalia geogènica o de caràcter antròpic.

## Material

La zona d'estudi és al límit Nord del Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac i engloba una part del municipis de Talamanca, Sant Llorenç Savall, Gallifa, Castellterçol, Mura, Sant Fruitós de Bages, Granera i Caldes de Montbui (fig. 1).

S'han mostrejat 11 punts, seguint un disseny que s'exposa a «Mètodes», en el mapa 1:50.000 de Catalunya (full 363-Manresa). En cada punt s'han recollit dues mostres, una de superficial (de 0 a 10 cm) i una de subsuperficial (de 10 a 20 cm), i s'ha mantingut la numeració original emprada en el *Projecte núm. 1631* (Bech *et al.*, 1993). A continuació, s'indiquen algunes característiques importants dels emplaçaments en què estan situats els punts escollits:

Taula 1. Algunes dades importants dels punts mostrejats.

| Punt | Data       |                       |                                                          | Coordenades |           | Altitud | Ús del sòl                                    |
|------|------------|-----------------------|----------------------------------------------------------|-------------|-----------|---------|-----------------------------------------------|
|      | mostratge  | Municipi              | Geologia                                                 | X           | Y         | (m)     |                                               |
| 5    | 20 feb. 93 | Talamanca             | Gresos i conglomerats (Biarritzia-Priabonià)             | 417.080     | 4.621.025 | 680     | Bosc desenvolupat sobre feixes abandonades    |
| 6    | 20 feb. 93 | St. Llorenç Savall    | Gresos i lutites vermelles de l'Eocè                     | 422.090     | 4.615.875 | 510     | Alzinar amb romaní i ginebre                  |
| 7    | 20 feb. 93 | Gallifa               | Lutites vermelles de l'Eocè                              | 426.990     | 4.616.020 | 560     | Bosc de pi blanc                              |
| 8    | 27 feb. 93 | Castellterçol         | Conglomerats heteromètrics grisos (Biarritzia-Priabonià) | 427.000     | 4.621.000 | 770     | Bosc. Roureda amb pi roig                     |
| 18   | 28 feb. 93 | Talamanca             | Gresos, conglomerats i margues (Biarritzia-Priabonià)    | 412.000     | 4.621.100 | 400     | Bosc esclarissat sobre feixa abandonada       |
| 19   | 13 març 93 | Mura                  | Margues blaves (Biarritzia-Priabonià)                    | 407.000     | 4.616.000 | 300     | Bosc. Pineda amb romaní, llentiscle i ginebre |
| 20   | 13 març 93 | Mura                  | Conglomerats de l'Eocè                                   | 413.200     | 4.616.930 | 700     | Bosc. Alzinar amb arboç i llentiscle          |
| 21   | 13 març 93 | Sant Fruitós de Bages | Gresos (Biarritzia-Priabonià)                            | 406.990     | 4.621.200 | 280     | Alzinar i pi blanc                            |
| 22   | 13 març 93 | Mura                  | Gresos, conglomerats i lutites roges de l'Eocè           | 417.000     | 4.616.000 | 620     | Alzinar amb boix i romaní                     |
| 26   | 27 març 93 | Granera               | Lutites vermelles de l'Eocè                              | 422.300     | 4.621.050 | 760     | Bosc de pi blanc, alzines i roures            |
| 27   | 27 març 93 | Caldes de Montbuí     | Lutites vermelles del Buntsandstein                      | 428.750     | 4.614.300 | 460     | Bosc de pi blanc i alzines                    |

Mètodes

S'ha fet un mostratge sistemàtic en xarxa quadrada cada 25 km², complementat amb altres punts dirigits a fi de mostrejar sòls sobre diverses litologies (fig. 1).

En cada punt, sempre que ha sigut possible, s'ha pres una mostra de l'indret aparentment menys pertorbat. En cada punt s'han recollit dues mostres: una de superficial (de 0 a 10 cm), i una de subsuperficial (de 10 a 20 cm). La nomenclatura de les mostres inclou les lletres MA (en al·lusió al full 1:50.000 de Manresa) i el nombre corresponent al punt seguit de les lletres a o b per les fondàries 0-10 o bé 10-20 cm, respectivament.

La mostra, d'uns 2 kg de pes, s'ha estès i dessecat al laboratori. Després de tamisar-la s'ha analitzat la *terra fina* (<2 mm). En aquesta, s'hi han determinat pels mètodes estàndard els paràmetres convencionals següents: el pH en aigua, la conductimetria en l'extracte 1:5, el percentatge de matèria orgànica pel mètode Walkley-Black, els carbonats

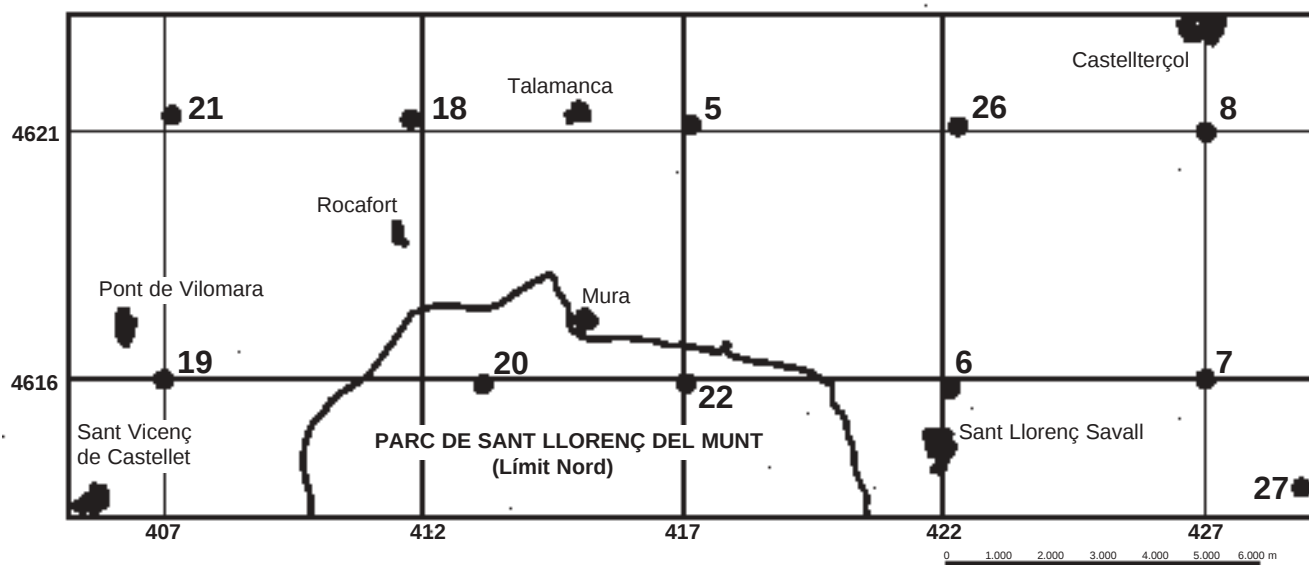
totals per acidimetria, i l'anàlisi granulomètrica pel mètode de la pipeta de Robinson.

S'han investigat els elements traça següents: per fluorescència de raigs X s'han determinat Ba, Ce, Cu, Ga, Mo, Ni, Pb, Rb, Sn, Sr, Th, V, Y, Zn i Zr; i per extracció amb aigua règia i amb EDTA s'han analitzat Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sr, V i Zn.

L'anàlisi específica per als elements traça ha consistit en tres tipus de determinacions:

1) *Elements totals, per fluorescència de raigs X (FRX).*

Per poder aplicar aquesta tècnica s'ha preparat la mostra de sòl en forma de pastilla. Aquestes pastilles s'han fet amb 5 g de mostra de sòl triturada degudament (molí d'anelles de carbur de tungstè) i seca (estufa de 100°C), que s'han barrejat en un morter d'àngata amb 2 ml d'una solució al 20% de l'aglutinant (reïna) Elvacite 2044 dissolt amb acetona. Les pastilles (de 40 mm de diàmetre) s'han manufacturat addicionant-hi, a una càpsula d'alumini, un fons d'àcid bòric



**Figura 1.** Fragment del full 363-Manresa de la *Cartografia Militar de España* (1:5.000). Sindiquen els punts de la xarxa de mostratge i el límit Nord de Sant Llorenç del Munt.

i la mostra, compactant-les posteriorment amb una premsa Herzog aplicant-hi una pressió de 200kN durant 60 segons.

La intensitat de fluorescència s’ha mesurat amb una espectrofotòmetre Philips PW 1400, equipat amb dues fonts d’excitació diferents: tub amb ànode de Rh i tub amb ànode d’Au. Els elements determinats amb el tub d’ànode de Rh han estat el Ba, Mo, Zr, Y, Sr, Rb, Th i Pb. Els elements excitats amb el tub d’ànode d’Au han estat l’Sr, Ce, Ga, Zn, Cu, Ni i V.

La quantificació dels elements s’ha fet mitjançant una recta de calibratge confeccionada amb 60 patrons geològics internacionals en pastilla. Les interferències han estat considerades i s’han corregit els possibles efectes matriu mitjançant la radiació incoherent (Compton) de la mostra.

Els límits (en mg/kg) de la recta de calibratge són 100 i 4000 pel Ba, 3 i 92 pel Mo, 40 i 780 pel Zr, 7 i 184 per l’Y, 20 i 1370 per l’Sr, 50 i 3600 pel Rb, 3 i 379 pel Th, 2 i 928 pel Pb, 2 i 370 per l’Sr, 13 i 400 pel Ce, 5 i 40 pel Ga, 20 i 1720 pel Zn, 5 i 1230 pel Cu, 5 i 2380 pel Ni i 20 i 200 pel V.

## 2) Contingut "pseudototal", extracció de metalls amb aigua règia.

Per fer l’extracció amb aigua règia s’ha seguit el protocol de l’ISO (ISO, 1991). Aquest mètode d’extracció ha permès fer l’extracció de la fracció de metalls pesants solubles en aigua règia. S’ha utilitzat aigua règia (HCl:HNO<sub>3</sub> concentrats, en una proporció 3:1).

3 g de mostra triturada s’han fet reaccionar amb 21 ml de HCl i 7 ml de HNO<sub>3</sub> durant 16 hores a temperatura ambient i durant 2 hores a 130°C (per assolir aquesta temperatura s’ha dissenyat una rampa de temperatures). Per fer la reacció s’han usat recipients de reacció amb condensadors de reflux per tal de no produir pèrdues d’elements volàtils. La reacció en calent s’ha fet en un digestor. Passades les divuit hores, i un cop s’ha assolit de nou la temperatura ambient, es filtra utilitzant un paper de filtre sense cendres (Whatman 42) i s’enrasa a 100 ml amb HNO<sub>3</sub> 0,5 M.

## 3) Contingut d’elements assimilables, solubles en EDTA.

S’ha utilitzat l’àcid etilendinitrilotetracètic, sal disòdica dihidratada 0.05 M a pH 7.

A 10 g de terra fina s’han afegit 50 ml d’EDTA. La suspensió s’agita mecànicament durant 1 hora i, posteriorment, es filtra utilitzant-hi un paper de filtre sense cendres (Whatman 42).

Els elements traça continguts en els extractes d’aigua règia i d’EDTA s’han quantificat mitjançant l’espectròmetre Polyscan 61E (ICP). Per poder determinar els diferents elements s’han hagut de fer dilucions dels extractes obtinguts. De l’extracció amb aigua règia s’han fet dilucions 1/10 per determinar-ne Fe, Al, Ba, Mn, Sr, V, Ni, Cr, Zn i Cu, i dilucions 1/2 per al Cd i el Pb. De l’extracte obtingut amb EDTA s’han fet dilucions 1/10 per determinar-ne Fe, Al, Ba, Mn, Zn i Cu i dilucions 1/5 per al V, Ni, Cr, Pb, Cd, i Sr.

## Resultats i discussió

Les dades d’algunes propietats convencionals de les mostres de sòl estudiades consten a la taula 2. A la taula 3 hi ha els valors d’elements traça determinats per FRX. En la taula 4, hi consten els valors anomenats *pseudototals*, extrets amb aigua règia, i, a la taula 5, els valors dels elements extrets amb EDTA 0.05 M.

A les taules 6, 7, 8 i 9 s’exposen, respectivament, alguns paràmetres estadístics rellevants de les propietats convencionals dels sòls estudiats, del elements totals, dels *pseudototals* i dels extrets amb EDTA.

La reacció del sòl és bàsica en totes les mostres, amb predomini de valors propers a pH 8, típic de sòls carbonatats. El pH mínim trobat supera el valor 7 (7.3) i el màxim assoleix pH 8.7, que ja es considera pH alcalí.

La majoria d’aquests sòls són carbonatats. La taxa mitjana de CaCO<sub>3</sub> és de 17.9 i el valor màxim 37.5. Aquest paràmetre, relacionat amb el pH, és decisiu en la regulació de la solubilitat dels metalls pesants. En la majoria de ca-

Taula 2. Algunes propietats convencionals de les mostres de sòl investigades.

| MOSTRES | pH  | Conductivitat    | %                | %CaCO <sub>3</sub> | % fracció >2mm. | fracció <2mm   |              |             |           |          |
|---------|-----|------------------|------------------|--------------------|-----------------|----------------|--------------|-------------|-----------|----------|
|         |     | Elèctrica (dS/m) | Matèria Orgànica |                    |                 | % arena grossa | % arena fina | % llim gros | % llim fi | % argila |
| MA5a    | 8.4 | 0.175            | 5.20             | 13.1               | 13.1            | 24.2           | 47.4         | 2.64        | 11.5      | 14.2     |
| MA5b    | 8.7 | 0.149            | 2.57             | 9.32               | 16.0            | 24.7           | 44.1         | 5.93        | 10.9      | 14.4     |
| MA6a    | 8.5 | 0.165            | 4.97             | 25.1               | 40.9            | 14.6           | 31.3         | 14.6        | 15.1      | 24.4     |
| MA6b    | 8.7 | 0.135            | 1.59             | 27.4               | 7.43            | 11.6           | 29.7         | 32.7        | 4.98      | 21.0     |
| MA7a    | 8.7 | 0.141            | 4.20             | 5.64               | 12.3            | 13.5           | 30.0         | 4.07        | 14.5      | 38.0     |
| MA7b    | 8.5 | 0.164            | 1.79             | 5.41               | 20.0            | 7.28           | 32.1         | 9.91        | 8.01      | 42.7     |
| MA8a    | 8.3 | 0.150            | 6.36             | 0.31               | 30.1            | 23.5           | 39.3         | 1.62        | 9.39      | 26.2     |
| MA8b    | 8.5 | 0.120            | 2.81             | 0.34               | 30.7            | 18.6           | 37.7         | 1.24        | 18.6      | 23.8     |
| MA18a   | 8.5 | 0.099            | 3.23             | 34.0               | 5.88            | 10.3           | 54.7         | 1.71        | 19.7      | 13.5     |
| MA18b   | 8.5 | 0.104            | 1.70             | 36.5               | 5.89            | 17.6           | 42.7         | 17.0        | 13.3      | 9.33     |
| MA19a   | 8.4 | 0.149            | 4.19             | 35.6               | 26.6            | 10.6           | 24.0         | 0.24        | 33.7      | 31.4     |
| MA19b   | 8.6 | 0.119            | 1.44             | 37.5               | 10.1            | 6.34           | 20.3         | 24.3        | 14.9      | 34.2     |
| MA20a   | 8.0 | 0.157            | 8.95             | 0.66               | 52.0            | 36.9           | 21.4         | 5.27        | 16.7      | 19.7     |
| MA20b   | 8.2 | 0.123            | 1.92             | 1.39               | 32.9            | 48.7           | 8.94         | 2.70        | 12.7      | 26.9     |
| MA21a   | 8.3 | 0.119            | 1.71             | 32.8               | 7.08            | 18.7           | 51.3         | 5.97        | 10.8      | 13.2     |
| MA21b   | 8.5 | 0.129            | 1.71             | 31.7               | 4.50            | 16.7           | 56.3         | 5.62        | 19.2      | 2.14     |
| MA22a   | 8.3 | 0.178            | 6.57             | 20.6               | 30.7            | 26.0           | 35.1         | 2.81        | 16.1      | 19.9     |
| MA22b   | 8.3 | 0.139            | 4.11             | 23.0               | 35.8            | 20.9           | 35.6         | 5.60        | 20.6      | 17.3     |
| MA26a   | 8.4 | 0.116            | 4.45             | 18.0               | 17.1            | 7.80           | 22.6         | 17.5        | 22.2      | 29.8     |
| MA26b   | 8.4 | 0.100            | 1.37             | 13.5               | 10.4            | 10.6           | 32.9         | 5.93        | 27.8      | 22.8     |
| MA27a   | 7.3 | 0.330            | 11.9             | 10.7               | 12.9            | 11.8           | 25.3         | 8.95        | 28.3      | 25.6     |
| MA27b   | 8.4 | 0.139            | 2.71             | 10.8               | 4.89            | 7.62           | 36.2         | 1.72        | 28.6      | 25.8     |

sos els pH bàsics afavoreixen les formes químiques insolubles de nombrosos metalls.

La conductivitat, mesura indirecta de la salinitat, és baixa. Només en algunes mostres s’assoleixen valors que comencen a ésser significatius (vegeu el màxim de 0.330 dS/m). De fet, més que els clorurs, aquí el causants de la salinitat són els sulfats, ja que en les lutites eocèniques d’alguns indrets hi abunden els guixos.

La riquesa en matèria orgànica és apreciable, cosa lògica pel fet que es tracta majoritàriament de sòls forestals. Els valors inferiors corresponen a algun sòl agrícola. En canvi, sovint se supera el 4% de matèria orgànica. El valor màxim (11.9%) s’ha detectat en l’horitzó superficial d’un

sòl forestal d’un bosc de *Pinus halepensis* sobre lutites del Triàsic Inferior al N de Caldes de Montbui, vora de Sant Feliu de Codines.

En general es tracta de sòls gravellosos (19.4% de mitjana), amb un màxim de 52%, una cosa normal perquè sovint deriven de gresos i conglomerats terciaris.

Quant a la classificació textural de la *terra fina* predomina la textura franca, encara que hi ha variabilitat en funció de la litologia de la roca mare. Les lutites i calcàries originen fàcilment sòls de textura franca-argilosa i argilosa, i els gresos i conglomerats predisposen a les textures arenoses. Els sòls més rics en argiles retindran més els elements traça i metalls pesants que els arenosos.

Taula 3. Resultats (en mg/kg) de les determinacions d’alguns elements traça mitjançant FRX.

| MOSTRA | Ba  | Ce | Cu | Ga | Mo   | Ni | Pb | Rb    | Sn   | Sr  | Th | V  | Y  | Zn  | Zr  |
|--------|-----|----|----|----|------|----|----|-------|------|-----|----|----|----|-----|-----|
| MA5a   | 396 | 47 | 9  | 10 | 1<lr | 16 | 21 | 63    | 3    | 57  | 5  | 56 | 15 | 43  | 150 |
| MA5b   | 241 | 33 | 8  | 10 | 1<lr | 16 | 17 | 54    | 1<lr | 45  | 4  | 56 | 13 | 35  | 138 |
| MA6a   | 605 | 49 | 29 | 14 | 1<lr | 30 | 27 | 79    | 3    | 95  | 7  | 76 | 20 | 87  | 128 |
| MA6b   | 631 | 58 | 26 | 12 | 1<lr | 26 | 20 | 80    | 2<lr | 94  | 7  | 67 | 21 | 66  | 155 |
| MA7a   | 603 | 70 | 13 | 15 | 1<lr | 18 | 20 | 110   | 3    | 69  | 9  | 76 | 21 | 46  | 230 |
| MA7b   | 576 | 78 | 13 | 16 | 1<lr | 21 | 17 | 111   | 3    | 74  | 9  | 82 | 20 | 44  | 229 |
| MA8a   | 546 | 52 | 15 | 14 | 1<lr | 22 | 28 | 88    | 3    | 48  | 7  | 78 | 18 | 62  | 126 |
| MA8b   | 606 | 55 | 16 | 13 | 1<lr | 24 | 25 | 92    | 2<lr | 51  | 7  | 80 | 18 | 60  | 132 |
| MA18a  | 426 | 60 | 46 | 10 | 1<lr | 20 | 19 | 68    | 2<lr | 96  | 5  | 58 | 16 | 58  | 157 |
| MA18b  | 336 | 43 | 61 | 9  | 1<lr | 18 | 15 | 62    | 2<lr | 94  | 5  | 52 | 25 | 47  | 146 |
| MA19a  | 369 | 46 | 41 | 10 | 1<lr | 21 | 20 | 74    | 3    | 139 | 7  | 55 | 15 | 54  | 121 |
| MA19b  | 321 | 43 | 26 | 11 | 1<lr | 22 | 16 | 76    | 1<lr | 159 | 7  | 56 | 15 | 51  | 102 |
| MA20a  | 402 | 48 | 25 | 15 | 1<lr | 32 | 33 | 74    | 2<lr | 52  | 6  | 85 | 18 | 91  | 134 |
| MA20b  | 575 | 63 | 26 | 16 | 1<lr | 31 | 30 | 87    | 1<lr | 57  | 8  | 87 | 23 | 79  | 156 |
| MA21a  | 222 | 38 | 8  | 7  | 1<lr | 13 | 15 | 45<lr | 1<lr | 78  | 4  | 38 | 12 | 28  | 168 |
| MA21b  | 329 | 41 | 7  | 7  | 1<lr | 14 | 19 | 54    | 1<lr | 77  | 5  | 43 | 14 | 28  | 163 |
| MA22a  | 440 | 53 | 22 | 12 | 1<lr | 26 | 26 | 74    | 2<lr | 75  | 6  | 68 | 19 | 73  | 150 |
| MA22b  | 478 | 58 | 21 | 13 | 1<lr | 26 | 22 | 75    | 2<lr | 68  | 7  | 66 | 20 | 68  | 155 |
| MA26a  | 861 | 66 | 29 | 17 | 1<lr | 34 | 28 | 107   | 3    | 89  | 9  | 92 | 21 | 98  | 138 |
| MA26b  | 665 | 52 | 25 | 15 | 1<lr | 31 | 21 | 86    | 2<lr | 79  | 7  | 82 | 19 | 83  | 133 |
| MA27a  | 542 | 53 | 33 | 15 | 1<lr | 26 | 39 | 101   | 3    | 100 | 9  | 77 | 20 | 103 | 187 |
| MA27b  | 561 | 75 | 21 | 19 | 1<lr | 31 | 14 | 140   | 4    | 121 | 11 | 76 | 26 | 56  | 239 |

<lr = inferior al límit de la recta de regressió

**Taula 4.** Resultats (en mg/kg) de les extraccions d'alguns elements traça fetes amb *aigua règia* (HCl:HNO<sub>3</sub>, relació 3:1).

| MOSTRA | Al    | Ba   | Cd      | Cr   | Cu   | Fe    | Mn  | Ni   | Pb   | Sr   | V    | Zn   |
|--------|-------|------|---------|------|------|-------|-----|------|------|------|------|------|
| MA5a   | 15316 | 87.0 | 0.37    | 16.9 | 11.5 | 14613 | 280 | 15.1 | 18.1 | 25.6 | 35.5 | 44.6 |
| MA5b   | 16366 | 87.0 | 0.22    | 16.0 | 8.73 | 14970 | 273 | 14.6 | 13.8 | 19.7 | 33.6 | 35.9 |
| MA6a   | 22214 | 270  | 0.29    | 22.8 | 23.6 | 21859 | 487 | 25.0 | 19.1 | 65.8 | 50.0 | 71.3 |
| MA6b   | 22457 | 251  | 0.47    | 22.9 | 22.3 | 20323 | 457 | 25.0 | 16.8 | 61.9 | 51.4 | 62.3 |
| MA7a   | 27851 | 361  | 0.15<ld | 25.0 | 13.0 | 19361 | 207 | 15.7 | 15.4 | 12.3 | 46.5 | 49.1 |
| MA7b   | 32401 | 375  | 0.08<ld | 31.0 | 13.0 | 21265 | 177 | 18.7 | 14.7 | 12.6 | 48.5 | 40.7 |
| MA8a   | 23280 | 166  | 0.27    | 25.8 | 19.0 | 20005 | 345 | 21.3 | 23.6 | 14.7 | 42.2 | 62.2 |
| MA8b   | 23705 | 159  | 0.24    | 28.9 | 17.1 | 20803 | 363 | 23.5 | 19.9 | 15.8 | 45.5 | 58.3 |
| MA18a  | 16706 | 99.8 | 0.20    | 17.3 | 47.2 | 16342 | 361 | 17.6 | 15.8 | 73.7 | 45.9 | 57.1 |
| MA18b  | 16044 | 101  | 0.13<ld | 20.0 | 66.8 | 15356 | 345 | 19.3 | 12.5 | 78.3 | 46.3 | 57.8 |
| MA19a  | 21705 | 130  | 0.26    | 23.7 | 41.9 | 17532 | 263 | 19.0 | 16.0 | 115  | 51.9 | 53.8 |
| MA19b  | 24313 | 136  | 0.20    | 23.9 | 30.8 | 18175 | 229 | 19.7 | 13.7 | 145  | 57.5 | 55.4 |
| MA20a  | 22686 | 174  | 0.54    | 37.7 | 25.9 | 27330 | 828 | 34.4 | 37.6 | 20.4 | 42.8 | 90.1 |
| MA20b  | 29680 | 222  | 0.44    | 33.1 | 23.1 | 30140 | 836 | 30.8 | 24.9 | 20.4 | 50.6 | 81.9 |
| MA21a  | 10595 | 67.8 | 0.25    | 12.1 | 6.50 | 10985 | 260 | 8.40 | 11.3 | 60.4 | 36.3 | 31.4 |
| MA21b  | 12758 | 73.8 | 0.15<ld | 13.6 | 3.55 | 13403 | 253 | 11.1 | 12.6 | 50.2 | 39.7 | 33.2 |
| MA22a  | 20647 | 133  | 0.29    | 25.3 | 19.6 | 21754 | 463 | 23.9 | 20.6 | 44.9 | 45.5 | 72.6 |
| MA22b  | 20882 | 137  | 0.15<ld | 26.5 | 15.7 | 21857 | 448 | 22.4 | 18.5 | 37.5 | 47.9 | 66.5 |
| MA26a  | 29704 | 401  | 0.32    | 30.0 | 26.2 | 28395 | 537 | 29.7 | 22.9 | 54.8 | 57.8 | 93.7 |
| MA26b  | 23575 | 315  | 0.26    | 24.8 | 22.0 | 25728 | 545 | 28.1 | 19.7 | 55.3 | 52.4 | 81.0 |
| MA27a  | 20872 | 389  | 0.23    | 30.9 | 31.8 | 21348 | 656 | 23.2 | 39.1 | 40.2 | 43.6 | 95.4 |
| MA27b  | 25391 | 260  | 0.13<ld | 29.3 | 12.8 | 27800 | 654 | 27.2 | 9.80 | 42.3 | 45.8 | 49.8 |

<ld = inferior al límit de detecció

**Taula 5.** Resultats (en mg/kg) de les extraccions d'alguns elements traça fetes amb EDTA 0.05 M. (relació 1/5).

| MOSTRA | Al   | Ba   | Cd      | Cr      | Cu   | Fe   | Mn   | Ni      | Pb      | Sr   | V       | Zn   |
|--------|------|------|---------|---------|------|------|------|---------|---------|------|---------|------|
| MA5a   | 24.8 | 2.62 | 0.01<ld | 0.35    | 7.32 | 78.2 | 18.9 | 0.12<ld | 1.63    | 1.77 | 0.27    | 7.21 |
| MA5b   | 6.71 | 4.47 | 0.04<ld | 0.37    | 4.75 | 45.1 | 40.6 | 0.11<ld | 5.08    | 1.38 | 0.27    | 11.2 |
| MA6a   | 8.49 | 4.76 | 0.03<ld | 0.41    | 3.24 | 45.2 | 40.9 | 0.05<ld | 3.25    | 2.44 | 0.34    | 9.89 |
| MA6b   | 7.41 | 7.15 | 0.04<ld | 0.39    | 3.56 | 21.1 | 31.6 | 0.01<ld | 4.82    | 2.95 | 0.30    | 10.4 |
| MA7a   | 14.2 | 26.6 | 0.02<ld | 0.40    | 2.13 | 36.9 | 27.4 | 0.03<ld | 2.93    | 1.27 | 0.32    | 3.22 |
| MA7b   | 16.6 | 51.8 | 0.03<ld | 0.49    | 1.23 | 18.3 | 28.9 | 0.05<ld | 4.45    | 1.58 | 0.28    | 1.85 |
| MA8a   | 135  | 25.8 | 0.01<ld | 1.35    | 4.34 | 326  | 264  | 1.17    | 3.32    | 3.94 | 0.83    | 6.25 |
| MA8b   | 106  | 25.4 | 0.16<ld | 1.36    | 3.08 | 210  | 239  | 1.34    | 10.9    | 5.57 | 0.70    | 6.28 |
| MA18a  | 94.7 | 3.72 | 0.06<ld | 0.01<ld | 28.7 | 66.3 | 23.4 | 0.12<ld | 1.80    | 3.37 | 0.01<ld | 2.34 |
| MA18b  | 9.72 | 2.07 | 0.06<ld | 0.07<ld | 16.8 | 42.0 | 24.5 | 0.03<ld | 2.14    | 2.59 | 0.02<ld | 2.95 |
| MA19a  | 4.29 | 2.30 | 0.10<ld | 0.01<ld | 11.8 | 34.7 | 18.6 | 0.03<ld | 2.56    | 3.66 | 0.09<ld | 4.42 |
| MA19b  | 3.54 | 3.35 | 0.07<ld | 0.01<ld | 9.16 | 27.1 | 13.3 | 0.08<ld | 1.10<ld | 5.28 | 0.05<ld | 4.76 |
| MA20a  | 82.6 | 11.8 | 0.20<ld | 0.21<ld | 6.04 | 226  | 397  | 0.86    | 12.8    | 2.86 | 1.03    | 19.6 |
| MA20b  | 88.8 | 40.7 | 0.14<ld | 0.12<ld | 3.23 | 158  | 453  | 0.87    | 5.31    | 3.11 | 0.63    | 1.56 |
| MA21a  | 9.90 | 2.14 | 0.03<ld | 0.03<ld | 1.50 | 37.4 | 22.6 | 0.14<ld | 2.02    | 2.45 | 0.07<ld | 2.61 |
| MA21b  | 4.55 | 0.74 | 0.02<ld | 0.03<ld | 1.36 | 26.5 | 15.7 | 0.05<ld | 1.13<ld | 1.64 | 0.05<ld | 1.39 |
| MA22a  | 11.5 | 2.88 | 0.15<ld | 0.02<ld | 1.75 | 42.9 | 62.1 | 0.29<ld | 5.91    | 1.50 | 0.14<ld | 5.03 |
| MA22b  | 9.68 | 3.57 | 0.14<ld | 0.02<ld | 1.48 | 37.9 | 50.4 | 0.27<ld | 3.49    | 1.53 | 0.12<ld | 3.70 |
| MA26a  | 7.27 | 7.56 | 0.10<ld | 0.01<ld | 3.40 | 52.7 | 43.6 | 0.01<ld | 4.72    | 2.47 | 0.13<ld | 4.14 |
| MA26b  | 5.78 | 6.95 | 0.11<ld | 0.01<ld | 2.74 | 22.1 | 44.2 | 0.02<ld | 3.18    | 3.50 | 0.07<ld | 1.15 |
| MA27a  | 35.3 | 13.2 | 0.23<ld | 0.22<ld | 12.9 | 108  | 196  | 2.42    | N.D     | 2.26 | 0.70    | 50.7 |
| MA27b  | 34.7 | 8.20 | 0.02<ld | 0.01<ld | 4.15 | 50.0 | 49.9 | 0.56<ld | 1.19<ld | 1.45 | 0.04<ld | 7.63 |

<ld = inferior al límit de detecció, N.D. = no determinat

Pel que fa als elements totals (FRX), dels investigats predomina el Ba (488 mg/kg de mitjana), seguit del Zr (156 mg/kg) i més lluny de l'Sr (82.6 mg/kg), de l'Rb (81.8 mg/kg), el V (68.4 mg/kg), el Zn (61.8 mg/kg) i el Ce (53.7 mg/kg). El molibdè és l'element investigat més escadusser (1 mg/kg).

Respecte als valors *pseudototals*, o sigui els extrets amb *aigua règia*, també el Ba, deixant a part l'Al, el Fe i l'Mn, que són components d'estructures silicatades i d'òxids, és el més alt, encara que amb xifres inferiors a les obtingudes per fluorescència de raigs X (200 mg/kg de mitjana). Ocupa el segon lloc el Zn (61.1 mg/kg de mitjana), seguit pel

Sr (48.5 mg/kg de mitjana) i pel V (46.2 mg/kg). Cal destacar que Zn, Cu i Pb, a diferència d'altres elements, presenten valors molt propers entre totals i *pseudototals*. El valor mínim, lògicament, correspon al Cd (0.26 mg/kg de mitjana), la qual cosa és indicativa de llunyania d'àrees industrials.

En el punt MA27 s'observa un enriquiment superficial de Ba, Cu, Pb i Zn i en el MA20 el Pb i un xic el Zn, indicis d'aportació antròpica.

Dels valors trobats amb EDTA, cal aclarir de bell antuvi que alguns estan per sota del límit de detecció de l'ICP. A més dels valors més alts de Mn, Fe i Al, presenten taxes

significatives el Ba (11.7 mg/kg de mitjana), Zn (7.65 mg/kg) i Cu (6.12 mg/kg).

Alguns valors en certs elements d'algunes mostres de sòl que superen els continguts *background relatiu* trobats en el full de Manresa que figuren a la taula 10.

En els valors totals (FRX) el Zr és superior al valor *normal* (217 mg/kg) en els punts MA7a i b (230 i 229 mg/kg, respectivament) i MA27b (239 mg/kg). Sens dubte, la causa és d'origen geogènic. En el dos casos es tracta d'una roca mare lutítica roja, en el primer cas d'edat eocènica i en el segon del Buntsandstein. Només en un cas (MA27b) el Rb ultrapassa lleugerament el límit superior del *background* (140 sobre 132 mg/kg). Semblantment, el Cu en una mostra (MA18b, 61 mg/kg) excedeix per poc els 57 mg/kg del límit superior del *background*. El Ce gairabé iguala l'esmentat llindar superior (78 sobre 77 mg/kg). En quatre d'aquests cinc casos, l'increment es dona en fondària, la qual cosa és indicatiu d'anomalia geogènica.

En els valors *pseudototals* (extrets amb aigua règia) aquest excès és poc acusat i es limita al Cr, mostra MA20a (37.7 sobre 37.0 mg/kg), al Cu de la MA18b (66.8 sobre 66.0 mg/kg) i a l'Mn de l'MA20b (836 sobre 830 mg/kg). En definitiva, són dos casos en què hi ha una pràctica igualació i un tercer cas, l'últim, amb un lleuger increment.

En els valors d'elements extrets amb EDTA sí que es veuen excessos en alguns punts. Encara que poc significatius per llur rol estructural, els d'Al (MA8a, MA8b, MA20a i MA20b), Fe (MA8a, MA8b i MA20a) i Mn (MA8a, MA8b, MA20a i MA20b), poden ser atribuïts a causes geogèniques. En el punt MA8 trobem conglomerats grisos del Biarritzà-Priabonià, i en el MA20 conglomerats de l'Eocè.

A la mostra MA7b l'origen geogènic també sembla que és la raó del contingut una mica elevat de Ba extret amb EDTA (51.8 mg/kg, i 29 mg/kg el valor superior del *background*).

En la mostra MA18a l'Al extret amb EDTA mostra un valor un xic elevat (94,7 mg/kg) que contrasta amb el contingut molt més baix de la mostra inferior (9,72 mg/kg). Aquest fet indica una probable procedència al·lòctona, motivada possiblement per causes antropogèniques. El valor de Cu en la mostra MA18a (28.7 mg/kg) també ultrapassa el límit superior del *background* per a aquest element (19 mg/kg). El punt MA18 està situat en un antic camp de cultiu i al costat d'una «paret seca», la qual cosa ens fa pensar en una possible procedència antròpica de l'Al i del Cu trobats a la mostra superficial d'aquest punt de mostratge. El Cu provindria del sulfat d'antigues vinyes.

Un altre cas de contaminació antropogènica el trobem a la mostra MA27a. Aquí el contingut de Zn extret amb EDTA (50.7 mg/kg) supera el valor de referència (31 mg/kg). La mostra inferior presenta un valor molt per sota de la xifra anterior, reflectint l'acumulació d'aquest element en superfície retintut probablement per la gran quantitat de matèria orgànica present en aquest nivell (11.9%).

Hi ha alguns punts més pobres en elements traça que la resta. Per exemple, els MA5, MA21, MA18 i MA19 ordenats de més pobres a menys pobres.

A la mostra MA5 hi ha 12 elements totals (taula 3) amb valors baixos que gairebé coincideixen amb taxes deficitàries també en els extractes amb EDTA (11 elements, vegeu taula 5) i a nivell *pseudototal* hi ha mancances en 5 elements (taula 4). Evidentment, en aquest fet la natura litolò-

gica de la roca mare és decisiva. Es tracta de gresos i conglomerats terciaris. A més no hi ha gaire argila.

Les mostres MA21 i MA18 són pobres en argila. També és pobre en matèria orgànica la MA21. Aquests fets, junt a la naturalesa gresosa de la roca mare, expliquen aquesta pobresa en elements.

En canvi, la MA19 està ben dotada d'argila i la roca mare és una marga blava terciària. Per tant, la pobresa, encara que menor, no l'explica la manca d'argila. Potser la taxa de calcària (CaCO<sub>3</sub>), la més elevada de totes, és un factor decisor en aquest empobriment relatiu.

Observant detingudament els valors de les taules 3, 4 i 5 es veu que si bé en alguns punts i per certs elements l'horitzó superficial és més ric que l'inferior, això no passa en la majoria de casos. Si es tractés de sòls de zones periurbanes o bé industrials, aquest fet de l'increment de metalls en superfície seria gairebé general, és a dir, hi hauria contaminació.

Aquests sòls, gràcies a trobar-se en punts aïllats lluny d'autopistes i/o de nuclis industrials, mantenen uns *valors basals* d'elements traça força normals, realment representen el *background relatiu o local*. Un factor que a ben segur influeix en aquest fet és l'existència del Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac.

Conclusions

La major part dels sòls investigats presenten valors normals d'elements traça que representen el *background relatiu o local*. La proximitat al Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac sembla tenir un efecte de protecció vers la contaminació antropogènica procedent dels nuclis industrials i urbans.

En alguns punts s'excedeixen els valors de referència per causes antropogèniques (MA18, MA20 i MA27) o per anomalies de tipus geogènic (MA7, MA8, MA20 i MA27).

Les mostres MA5, MA18, MA19 i MA21 presenten continguts en alguns elements traça molt més baixos que la resta de sòls investigats. Aquesta pobresa està motivada per la naturalesa litològica de la roca mare (MA5), per la manca d'argila (MA18 i MA21) i matèria orgànica (MA21) o pels elevats percentatges de calcària present a la matriu pedològica (MA19).

La natura de la roca mare i les taxes d'argila, matèria

Taula 6. Estadística descriptiva dels paràmetres edàfics investigats.

| Paràmetre                      | Nombre de mostres | Mitjana | Desviació estàndard | Mínim | Màxim |
|--------------------------------|-------------------|---------|---------------------|-------|-------|
| pH                             | 22                | 8.4     | 0.29                | 7.3   | 8.7   |
| Conductivitat elèctrica (dS/m) | 22                | 0.145   | 0.05                | 0.099 | 0.330 |
| % Matèria orgànica             | 22                | 3.88    | 2.68                | 1.37  | 11.9  |
| % CaCO <sub>3</sub>            | 22                | 17.9    | 13.1                | 0.31  | 37.5  |
| % fracció > 2 mm               | 22                | 19.4    | 13.5                | 4.50  | 52.0  |
| % arena grossa                 | 22                | 17.7    | 10.3                | 6.34  | 48.7  |
| % arena fina                   | 22                | 34.5    | 11.9                | 8.94  | 56.3  |
| % llim gros                    | 22                | 8.09    | 8.31                | 0.24  | 32.7  |
| % llim fi                      | 22                | 17.2    | 7.39                | 4.98  | 33.7  |
| % argila                       | 22                | 22.5    | 9.54                | 2.14  | 42.7  |

**Taula 7.** Estadística descriptiva dels elements traça determinats amb fluorescència de raigs X (en mg/kg).

| Element | Nombre de mostres | Mitjana | Desviació estàndard | Mínim | Màxim |
|---------|-------------------|---------|---------------------|-------|-------|
| Ba      | 22                | 488     | 155                 | 222   | 861   |
| Ce      | 22                | 53.7    | 11.7                | 33    | 78    |
| Cu      | 22                | 23.6    | 13.3                | 7     | 61    |
| Ga      | 22                | 12.7    | 3.21                | 7     | 19    |
| Mo      | 22                | 1       | —                   | 1     | 1     |
| Ni      | 22                | 23.5    | 6.25                | 13    | 34    |
| Pb      | 22                | 22.4    | 6.45                | 14    | 39    |
| Rb      | 22                | 81.8    | 22.2                | 45    | 140   |
| Sn      | 22                | 2.23    | 0.87                | 1     | 4     |
| Sr      | 22                | 82.6    | 29.2                | 45    | 159   |
| Th      | 22                | 6.86    | 1.81                | 4     | 11    |
| V       | 22                | 68.4    | 14.8                | 38    | 92    |
| Y       | 22                | 18.6    | 3.67                | 12    | 26    |
| Zn      | 22                | 61.8    | 21.6                | 28    | 103   |
| Zr      | 22                | 156     | 35.9                | 102   | 239   |

**Taula 8.** Estadística descriptiva dels elements traça extrets amb aigua règia (en mg/kg).

| Element | Nombre de mostres | Mitjana | Desviació estàndard | Mínim | Màxim |
|---------|-------------------|---------|---------------------|-------|-------|
| Al      | 22                | 21779   | 5538                | 10595 | 32401 |
| Ba      | 22                | 200     | 111                 | 67.8  | 401   |
| Cd      | 22                | 0.26    | 0.12                | 0.08  | 0.54  |
| Cr      | 22                | 24.4    | 6.52                | 12.1  | 37.7  |
| Cu      | 22                | 22.8    | 14.5                | 3.55  | 66.8  |
| Fe      | 22                | 20425   | 5140                | 10985 | 30140 |
| Mn      | 22                | 421     | 191                 | 177   | 836   |
| Ni      | 22                | 21.5    | 6.45                | 8.40  | 34.4  |
| Pb      | 22                | 18.9    | 7.44                | 9.80  | 39.1  |
| Sr      | 22                | 48.5    | 33.8                | 12.3  | 145   |
| V       | 22                | 46.2    | 6.37                | 33.6  | 57.8  |
| Zn      | 22                | 61.1    | 19.0                | 31.4  | 95.4  |

**Taula 9.** Estadística descriptiva dels elements traça extrets amb EDTA 0.05 M (en mg/kg).

| Element | Nombre de mostres | Mitjana | Desviació estàndard | Mínim | Màxim |
|---------|-------------------|---------|---------------------|-------|-------|
| Al      | 22                | 32.8    | 40.1                | 3.54  | 135   |
| Ba      | 22                | 11.7    | 13.8                | 0.74  | 51.8  |
| Cd      | 22                | 0.08    | 0.06                | 0.01  | 0.23  |
| Cr      | 22                | 0.27    | 0.39                | 0.01  | 1.36  |
| Cu      | 22                | 6.12    | 6.54                | 1.23  | 28.7  |
| Fe      | 22                | 77.8    | 80.6                | 18.3  | 326   |
| Mn      | 22                | 95.7    | 129                 | 13.3  | 453   |
| Ni      | 22                | 0.39    | 0.60                | 0.01  | 2.42  |
| Pb      | 21                | 3.99    | 3.00                | 1.10  | 12.8  |
| Sr      | 22                | 2.66    | 1.20                | 1.27  | 5.57  |
| V       | 22                | 0.29    | 0.29                | 0.01  | 1.03  |
| Zn      | 22                | 7.65    | 10.5                | 1.15  | 50.7  |

orgànica i carbonats són decisives en la qualitat i quantitat d’elements traça presents en sòls no pertorbats. A aquestes causes de variació, s’hi ha d’afegir l’increment en els continguts dels elements per raó d’aportacions d’origen antròpic en sòls contaminats.

Bibliografia

Bachmann, G. (1993). «Soil values in German Soil Protection», *Conf. on cleanup levels for soil and groundwa-*

**Taula 10.** Límits superiors (en mg/kg) dels valors *background* trobats al full 363-Manresa (Bech et al., 1993a).

| Element | Fracció total (FRX) | Fracció pseudototal (aigua règia) | Fracció assimilable (EDTA 0.05 M) |
|---------|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Al      | —                   | 34507                             | 79                                |
| Ba      | 902                 | 458                               | 29                                |
| Cd      | —                   | 0.64                              | 0.27                              |
| Ce      | 77                  | —                                 | —                                 |
| Cr      | —                   | 37                                | 1.36                              |
| Cu      | 57                  | 66                                | 19                                |
| Fe      | —                   | 33450                             | 208                               |
| Ga      | 21                  | —                                 | —                                 |
| Mn      | —                   | 830                               | 204                               |
| Mo      | 4                   | —                                 | —                                 |
| Ni      | 39                  | 37                                | 2.42                              |
| Pb      | 48                  | 46                                | 16                                |
| Rb      | 132                 | —                                 | —                                 |
| Sn      | 4                   | —                                 | —                                 |
| Sr      | 353                 | 436                               | 26                                |
| Th      | 12                  | —                                 | —                                 |
| V       | 110                 | 69                                | 1.03                              |
| Y       | 27                  | —                                 | —                                 |
| Zn      | 131                 | 125                               | 31                                |
| Zr      | 217                 | —                                 | —                                 |

ter: *How clean is clean?* (recull de comunicacions). Water Environment Federation, Washington D.C.

Bech, J. (1996). «Els metalls pesants i elements traça als sòls». *Rev. R. Acad. Farm. Cat.*, 17: 17-32.

Bech, J. (1996). *Els sòls i la contaminació ambiental*. Fundació Catalana per a la Recerca. En curs de publicació.

Bech, J.; Quílez, D.; Tobías, F.J.; Garrigó, J. (1992). *Estudi per a determinar estratègies de mostreig i anàlisi de sòls pel control del contingut en metalls pesants a sòls presumiblement no contaminats i contaminats*, projecte de recerca núm. 1491. Conselleria del Medi Ambient. Generalitat de Catalunya. (Document intern.)

Bech, J.; Tobías, F.J.; Quílez, D. (1993a). *Estudi del background en metalls pesants als sòls de Catalunya: Fulls 363-Manresa i 473-Tarragona*, 2 vols, projecte de recerca núm. 1631. Conselleria del Medi Ambient. Generalitat de Catalunya. (Document intern.)

Bech, J.; Tobías, F.J.; Quílez, D. (1993b). «Determination of background levels of the total lead and copper contents in soils of Gavà and Viladecans (Baix Llobregat, Barcelona)», *XI International Symposium on Environmental Biogeochemistry* (recull de comunicacions).

Bech, J.; Tobías, F.J.; Roca, N. (1994). «Influence of geochemical factors on soil background values of heavy metals and trace elements», *II International Contaminated Soil Congress*. Vitòria-Gasteiz.

Bech, J.; Tobías, F.J.; Roca, N. (1995). «*Estudi dels valors normals de metalls pesants i elements traça als sòls del límit de les conques dels rius Besòs i Llobregat (Sector del Bages)*», *Siboc*, 11: 91-104.

Bech, J.; Tobías, F.J.; Roca, N. (1996). «*Nivells basals de metalls pesants i elements traça a sòls de Catalunya*», *Jornades ICEA*. En curs de publicació.

De Temmerman, L.O.; Hoenig, M.; Scokart, P.O. (1984). «Determination of normal levels and upper limit values of trace elements in soils», *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*, 147: 687-694.

- Kabata-Pendias, A.; Pendias, H. (1984). *Trace elements in soils and plants*. CRC Press Inc. Boca Ratón, Florida, 315 pàg.
- ISO (1991). Doc. CD 11466.
- Leget, A.C. (1992). «Soil quality standards», *Jornades sobre sòls contaminats: problemàtica i recuperació*, recull de ponències. Eusko Jaurlaritza (Govern Basc). IHOBE-LABEIN. Bilbao.
- McGrath i Loveland (1992). *The soil geochemical atlas of England and Wales*. Blackie Academic/Professional Eds.
- Mitchell, R.L. (1971). «Trace Elements in Soils and Crops», *Technical Bulletin*, 21: 8-21. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Londres.
- Shacklette, H.T.; Boerngen, J.G. (1984). «Element concentrations in soils and other surficial materials of the conterminous United States». U.S. Geol. Surv. Prof. Pap. 1270.
- Tobías, F.J.; Bech, J.; Sánchez-Algarra, P. (1997). «Statistical approach to discriminate background and anthropogenic input of trace elements in soils of Catalonia, Spain», acceptat per a publicació a *Water, Air and Soil Pollution*.