
PART IV
ELS LLACS D'ALTA MUNTANYA (PIRINEU)

5.4.1. ^{137}Cs i ^{210}Pb en els sediments superficials	181
5.4.2. Discussió dels valors d'activitats de ^{137}Cs i ^{210}Pb en excés	184
5.4.3. Normalització de contaminants a través del ^{210}Pb en excés	185
5.4.3.1. La normalització i el seus mètodes	185
5.4.3.2. Normalització dels metalls pesants per ^{210}Pb excés	186
5.4.3.3. Normalització de compostos organoclorats per ^{210}Pb en excés	188

5.4.1 ^{137}Cs i ^{210}Pb en els sediments superficials

Les activitats del ^{137}Cs , ^{210}Pb total i ^{210}Pb en excés dels sediments superficials dels llacs d'alta muntanya del Pirineu es troben a la taula 9.15 de l'annex de resultats i a la figura 5.4.1 d'aquest capítol.

^{137}Cs

Les concentracions de ^{137}Cs són molt variables i es troben entre els 8 i 2970 Bq kg⁻¹. Els llacs que presenten unes activitats per sobre dels 1000 Bq kg⁻¹ són l'Estany Monges amb 2970±101 Bq kg⁻¹, l'Estany de Mariola amb 1753±41 Bq kg⁻¹, l'Estanh Plan amb 1282±25 Bq kg⁻¹, l'Estany Romedo de Dalt amb 1207±88 Bq kg⁻¹ i l'Estany Inferior de la Gallina amb 1190±41 Bq kg⁻¹. Entre els 500 i 1000 Bq kg⁻¹ trobem un altre grup de llacs format per el Lac Bersau, l'Ibón Eriste, l'Étang Aubé, l'Ibón Cregüena, l'Étang Blaou, l'Estany Ensangents Superior, l'Estanyet de la Pica, l'Acherino, el Coronas, l'Ibón Posets, el Gran de Pessó, el Montoliu, l'Estany Gelat Bergús, l'Estany Illa i el Long de Liat. La resta de llacs, un total de 44 dels 73 mesurats, presenta unes activitats de ^{137}Cs per sota dels 500 Bq kg⁻¹, on destaquem el Gourg Cap Long que presenta l'activitat més baixa amb 8±1 Bq kg⁻¹ de ^{137}Cs .

^{210}Pb en excés

Les activitats de ^{210}Pb en excés presenten un rang de variació més ampli en comparació al ^{137}Cs i va des dels 0 Bq kg⁻¹, en el cas del Lac Barroude Inferior, fins als 5178±1300 de l'Ibón Eriste. Els llacs que presenten les activitats superficials de ^{210}Pb en excés més elevades són l'Eriste, el Gran del Pessó, l'Airoto i l'Estany Montoliu, amb uns valors per sobre dels 4000 Bq kg⁻¹. Després tenim una sèrie de llacs que es troben entre els 1500-3000 Bq kg⁻¹: el Bersau, l'Ibón Sen, el Posets, el Cregüenas, el Coronas i el Llosàs, tots ells amb unes activitats al voltant dels 2600 Bq kg⁻¹. Després tenim el llac Pica Palomera, el Long de Liat, el Plan, el Montoliu, l'Illa, l'Inferior de la Gallina, el Mariola, el Romedo de Dalt, l'Aubé, el Garbet, l'Ensangents Superior, el Montmalús, el Malniu, l'Étang Aygue Longue, l'Estany Blau i finalment l'Étang Blaeu de Rabassoles. La resta, un total de 34 llacs dels 73 estudiats, es troben per sota dels 1500 Bq kg⁻¹, amb els valors més baixos mesurats en el Lac Barroude Inferior, que no presenta ^{210}Pb en excés, i l'Étang Arratille amb 36 Bq kg⁻¹.

^{226}Ra

El ^{226}Ra , que es mesura amb la finalitat d'estimar el ^{210}Pb de base, també presenta variacions ja que està estretament vinculat a la naturalesa geològica de la zona. Els llacs que presenten els valors més elevats estan associats a sòls de naturalesa ígnia: el Lac Barroude Inferior, amb un valor de 675±8 Bq kg⁻¹, seguit de l'Estany Montoliu amb 264±24 Bq kg⁻¹ i el Garbet amb 243±80 Bq kg⁻¹. Seguidament hi ha un grup de llacs que presenten uns valors al voltant dels 100 Bq kg⁻¹ com són l'Ibón Pixon, el Cregüena, el Nere de Güerri, el Pica Palomera, el Long de Liat, el Siscar, l'Aygue Longue i l'Estany Gros de Camporrells. La resta dels llacs presenten uns valors de ^{226}Ra inferiors, d'entre 20 i 80 Bq kg⁻¹.

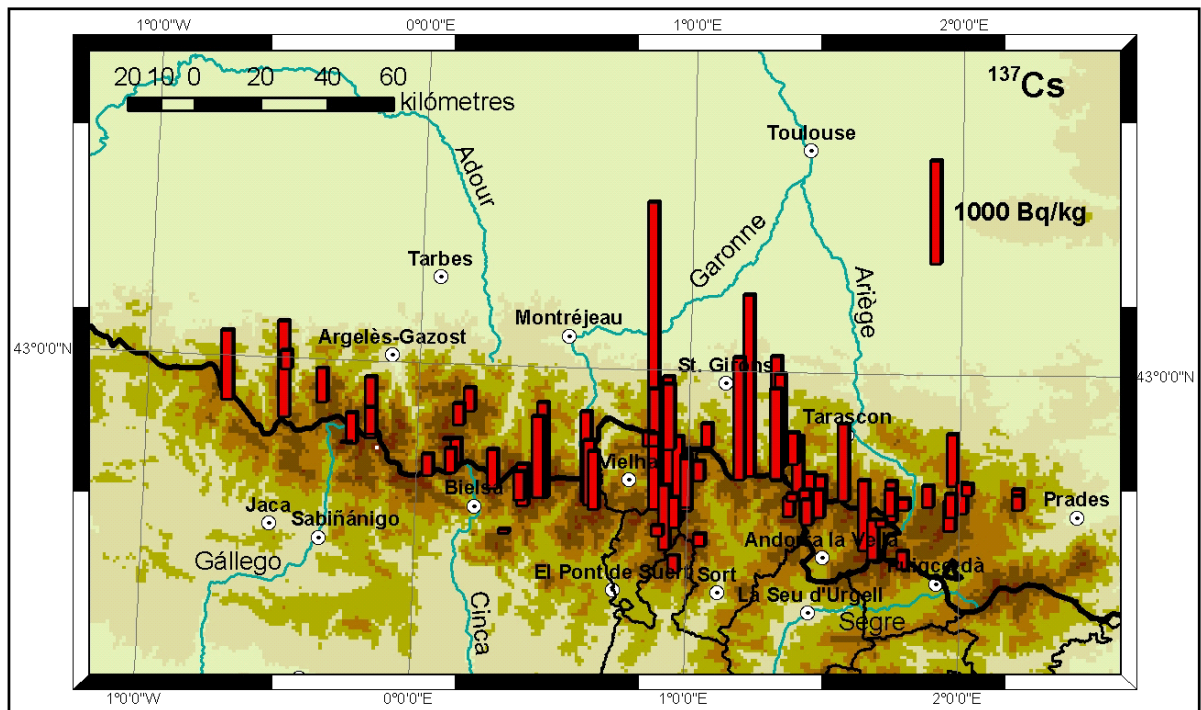
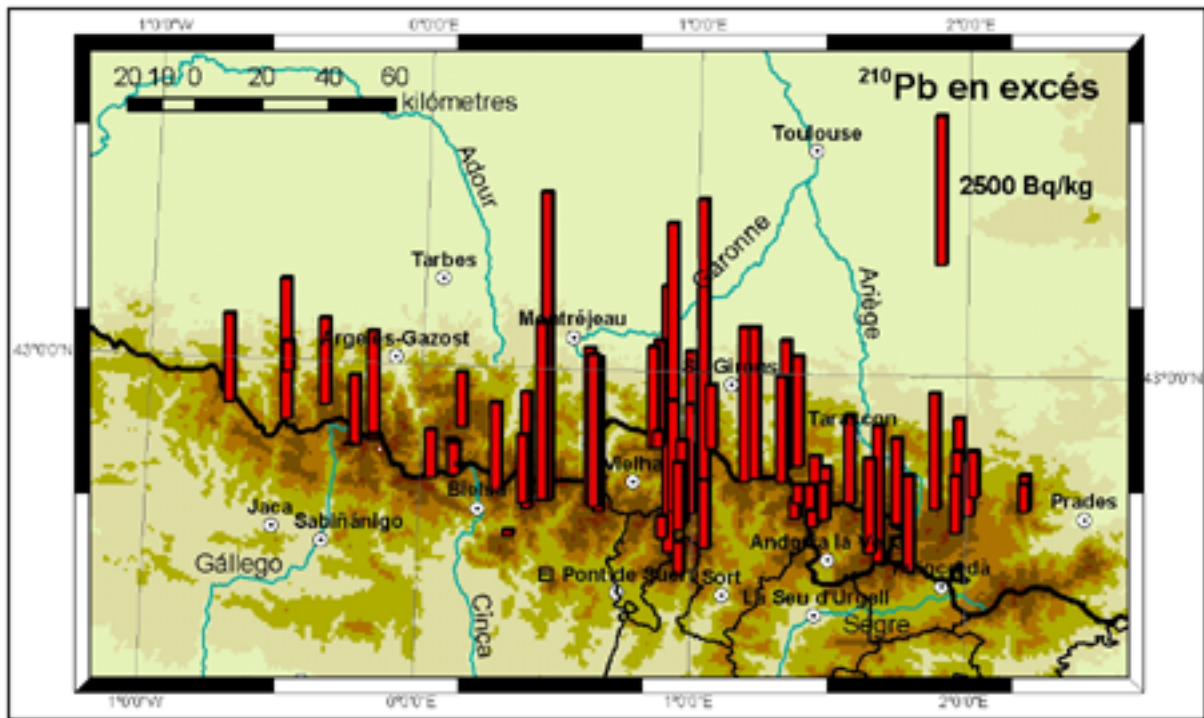


Figura 5.4.1. Concentracions de ^{210}Pb en excés, ^{137}Cs , ^{226}Ra i ^{40}K en els sediments superficials (0.5 cm) de 73 llacs pirinencs.¹

¹Figures elaborades pel Dr. Lluís Camarero del Centre d'Estudis Avançats de Blanes-CSIC

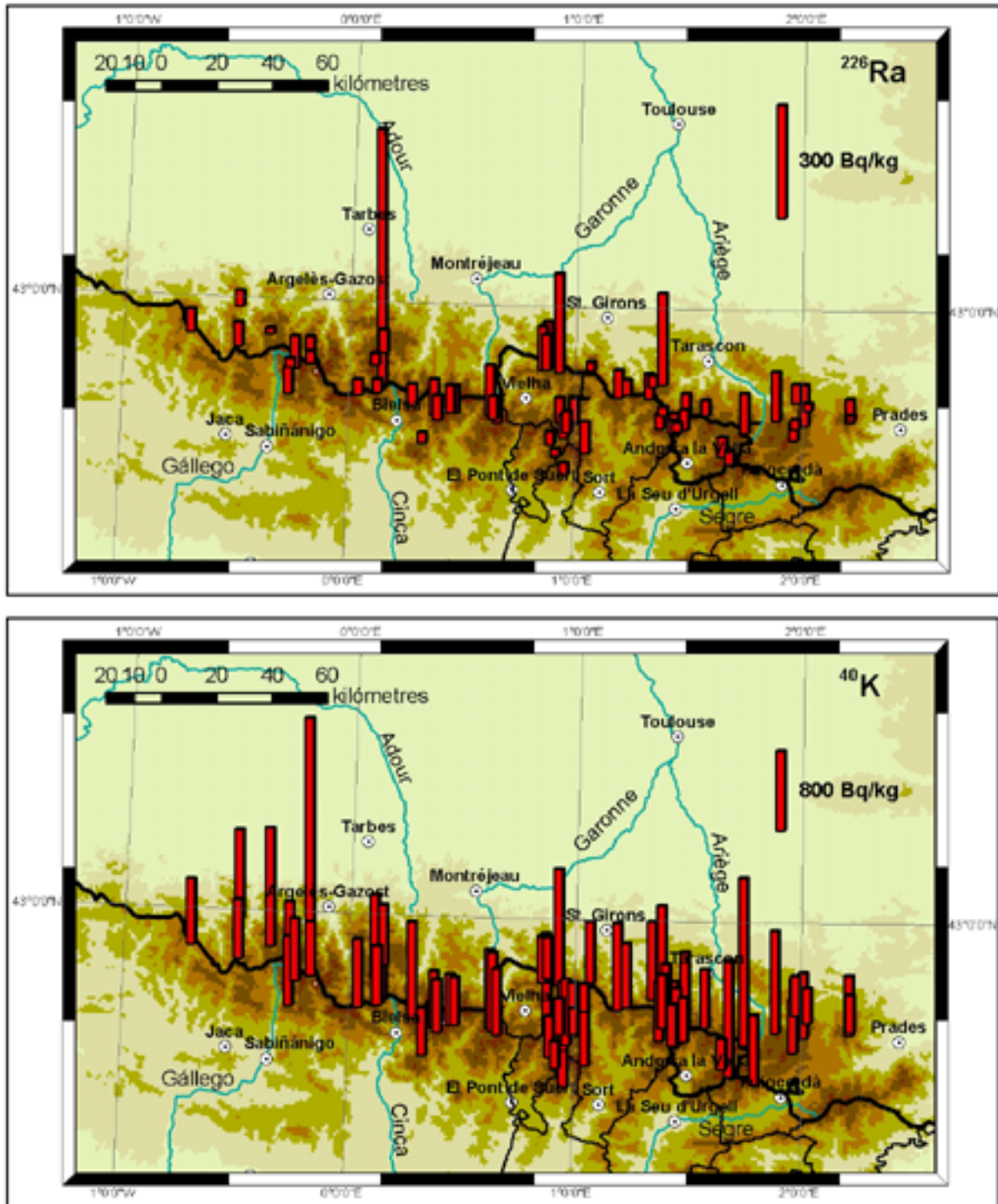


Figura 5.4.1. (cont.) Concentracions de ^{210}Pb en excés, ^{137}Cs , ^{226}Ra i ^{40}K en els sediment superficials (0.5 cm) de 73 llacs pirinencs¹.

⁴⁰K

El ⁴⁰K es troba formant part de la composició dels sediments i presenta uns valors més homogenis que el ¹³⁷Cs i el ²¹⁰Pb en excés. D'entre els 73 llacs mesurats, 15 presenten unes activitats de ⁴⁰K per sota dels 500 Bq kg⁻¹. La resta mostra unes concentracions superiors, amb els seus màxims en l'Étang Arratille, amb 2548±213 Bq kg⁻¹, seguit del Ormiélas, l'Urdiceto, el Montoliu, el Montmalús, el Siscari i l'Aygue Longue amb unes activitats d'entre 1000 i 1600 Bq kg⁻¹.

5.4.2 Discussió de la distribució de les activitats de ¹³⁷Cs i ²¹⁰Pb en excés

Les altes concentracions i l'enorme variabilitat entre llacs són habituals en els llacs remots (Battarbee *et al.*, 2000; Appleby, 2000). Les concentracions elevades de ²¹⁰Pb en excés i ¹³⁷Cs que s'observen en una gran majoria dels llacs pirinenecs es deuen principalment al seu baix ritme de sedimentació. Així per exemple, Appleby (2000), en el seu estudi de diferents llacs inclosos en el projecte MOLAR, observa una concentració superficial de 914 Bq kg⁻¹ de ²¹⁰Pb en excés en el llac Saamajärvi (Finlandia), de 888 Bq kg⁻¹ en el llac Øvre Neådalsvatn (Noruega) i de 2049 Bq kg⁻¹ en el llac Nižné Terianske (Eslovàquia). El llac Gossenköllesee (Austria) té una activitat superficial de 508 Bq kg⁻¹, similar a la del llac Hagelsee (Suïssa) de 590 Bq kg⁻¹ (Lotter *et al.*, 2002). El llac Jezero Ledvicah (Eslovenia) presenta una concentració de 1162 Bq kg⁻¹ (Brancelj *et al.*, 2000) i el llac Redó (Espanya) mostra una activitat superficial de les més elevades, amb 3116 Bq kg⁻¹.

En la figura 5.4.2 es presenta la relació lineal ($r^2=0.79$) entre les mesures d'activitat superficial del ²¹⁰Pb en excés i ¹³⁷Cs. Observem com per a baixes concentracions la correlació entre el ²¹⁰Pb i el ¹³⁷Cs es més ajustada i en canvi per a altes concentracions la dispersió augmenta. Possiblement aquesta diferència en el comportament d'ambdós radionúclids sigui deguda a alteracions en la deposició del ¹³⁷Cs. Aquest radioelement, procedent de Txernobil (1986) i de les detonacions nuclears (1963), no s'ha depositat d'una forma constant i uniforme sobre la litosfera i pot estar influït per variables com ara la direcció dels vents, les precipitacions regionals, la localització en la vessant de la muntanya, la química de la conca hidrogràfica, el règim sedimentari (processos de focusing) de la zona etc., que n'alteren el senyal i la correlació amb el ²¹⁰Pb en excés.

En qualsevol cas, la correlació del gràfic 5.4.2 indica un comportament similar entre el ²¹⁰Pb i el ¹³⁷Cs. Ambdós traçadors són de procedència atmosfèrica i la seva incorporació en els sòls i sediments depèn principalment del règim pluviomètric de la regió. El ²¹⁰Pb és d'origen natural i prové de l'exhalació del ²²²Rn dels sòls i roques. El ¹³⁷Cs és d'origen artificial, emès a l'atmosfera a través de les detonacions nuclears del 1963 i posteriorment a Europa a l'any 1986 amb l'accident de Txernòbil. La principal variable que controla la deposició de ²¹⁰Pb en excés i ¹³⁷Cs és la deposició humida (precipitació). S'ha intentat correlacionar, sense èxit, la precipitació mitjana anual de cada zona on es troba situat el llac amb els nivells de ²¹⁰Pb i ¹³⁷Cs superficials. Tanmateix, l'estreta franja pluviomètrica que diferencia els llacs entre si (1000 i 1300 mm a⁻¹) (Martín-Vide, 1985) no explica l'enorme diferència d'activitat que s'observa entre llacs. Així doncs, la precipitació no és l'única variable que controla els nivells de ²¹⁰Pb i ¹³⁷Cs en els sediments dels llacs. Una variable que altera la teòrica correlació entre la precipitació i les concentracions de ²¹⁰Pb i ¹³⁷Cs en els sediments és el ritme de sedimentació del llac. En efecte, el mig centímetre superficial mostrejat en cada llac pot correspondre a un material sedimentari dipositat en un període temporal diferent.

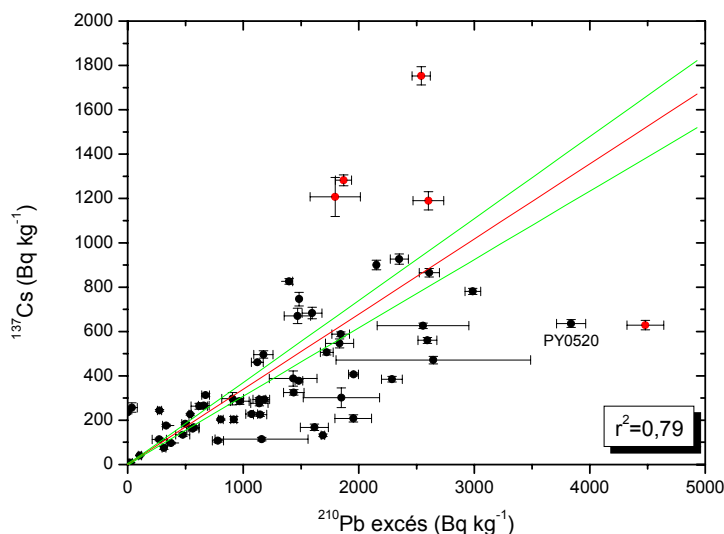


Fig 5.4.2. Relació entre el ^{210}Pb en excés i el ^{137}Cs en el grup de 73 llacs analitzats per espectrometria alfa i gamma. En verd es marca l'interval de confiança del 95%. Els punts en vermell s'han descartat per a la regressió.

5.4.3 Normalització de contaminants a través del ^{210}Pb en excés

5.4.3.1 La normalització i els seus mètodes

Segons la *International Council for the Exploration of the Sea*, ICES (2000), la normalització es defineix com el procediment per corregir (normalitzar) les concentracions de contaminants en funció de la variabilitat en les característiques dels sediments (distribució granulomètrica, matèria orgànica, mineralogia). La major part de les substàncies naturals, així com els elements contaminants, es troben fortament associats a la fracció de fins dels sediments (argiles riques en matèria orgànica). Per contra, la fracció de grollers pràcticament no permet l'adsorció de substàncies, de manera que no exerceix un control en la distribució dels contaminants. Les partícules fines, juntament amb els contaminants, solen acumular-se en les zones sedimentàries on dominen les baixes energies hidrodinàmiques. En canvi, en les zones on predominen els règims energètics elevats, els sediments mostren una distribució més barrejada de fins i grollers, fet que es reflecteix en un efecte de dilució en les mesures de concentració dels contaminants. Per altra banda, a part de la distribució granulomètrica hi ha altres variables que poden afectar a la concentració dels contaminants, com ara la mineralogia dels sediments, la seva composició en matèria orgànica, les concentracions d'òxids de ferro i de manganès, etc.

Segons la ICES (2000) existeixen dues vies per a dur a terme la normalització de contaminants en sediments:

1. Normalitzadors geoquímics

La normalització mitjançant els elements geoquímics es basa en correlacionar la concentració de contaminants presents en els sediments amb la concentració de determinades substàncies que es troben associades a la fracció de fins, principalment les argiles, que són les principals receptores de contaminants (Ackermann, 1980; Loring, 1991). Aquestes substàncies s'anomenen normalitzadors. La normalització es pot fer directament a través del quocient entre la concentració de contaminant / concentració del normalitzador, o a través de regressió lineal. La regressió consisteix en representar la concentració del contaminant *versus* la concentració del normalitzador, on es pot apreciar quins punts s'allunyen de la recta i per tant, valorar quins estan afectats per la variabilitat de la naturalesa dels sediments (Windom *et al.*, 1989; Smedes, 1997). Un exemple de normalitzadors geoquímics són l'Alumini (Al) i el Liti (Li), utilitzats habitualment com a normalitzadors de metalls pesants, ja que es troben formant part de la mineralogia de les argiles (Windom *et al.*, 1989; Loring, 1991). El ^{210}Pb en excés també presenta una forta afinitat a les argiles i s'utilitza per a normalitzar metalls i compostos orgànics (Rowan *et al.*, 1995). Finalment, la matèria orgànica (TOC) s'usa habitualment per a normalitzar els contaminants orgànics, com ara els PCB, DDT i DDE, HCB, HCH, etc.

2. Normalització física per tamisat

El principi de la normalització física per tamisat consisteix en assumir que els contaminants estan adsorbits principalment a les fraccions fines (argiles). Per tant, es separa la fracció de fins (<63 μm) de la resta de la mostra amb l'objectiu de corregir les variacions en les mesures dels contaminants a causa de la distribució granulomètrica. Aquest tipus de normalització s'utilitza àmpliament en la normalització de contaminants metàl·lics i de compostos orgànics i permet comparar directament les concentracions de contaminants amb la mateixa granulometria (Ackermann, 1980; Ackermann *et al.*, 1983; Klamer *et al.*, 1990). Tanmateix, alhora de normalitzar és aconsellable combinar diversos normalitzadors per contrastar les possibles variacions en els resultats. Per aquest motiu, s'utilitzen regressions múltiples per a un mateix contaminant amb diferents normalitzadors (tamisat, alumini, TOC, ^{210}Pb , etc.). La ICES (2000) també aconsella aplicar les normalitzacions amb cautela en els casos on es detectin diversos processos geoquímics actuant simultàniament, ja que poden alterar les concentracions dels normalitzadors (co-precipitacions, redilució etc.) i per tant distorsionar els resultats finals.

5.4.3.2 Normalització de metalls pesants per ^{210}Pb en excés

El ^{210}Pb en excés és utilitzat habitualment en la normalització de metalls pesants (Rowan *et al.*, 1995) ja que s'associa a la fracció de fins (argiles) i presenta una naturalesa conservativa. La normalització per ^{210}Pb excés permet minimitzar la influència del fenomen de "focusing" o (focalització) dels sediments dipositats en la cubeta sedimentaria dels llacs (Van Metre *et al.*, 1997). La geomorfologia i la dinàmica hídrica (energia hidrodinàmica) provoquen que el flux de sediments es concentren en zones concretes del vas sedimentari. Per tant, el ^{210}Pb en excés permet diferenciar si una zona està realment contaminada per un metall, o si simplement presenta uns nivells elevats com a conseqüència de la major acumulació de fins en aquell punt de la cubeta (Blais *et al.*, 1995). En el nostre cas, la normalització dels contaminants pel valor de ^{210}Pb excés és un mètode que ens permet parametritzar les concentracions dels contaminants observats a valors homogenis de flux de sedimentació. Com a conseqüència podem comparar els valors de contaminants directament entre els llacs i observar els llacs que destaquen del grup.

Zn i Cd directe

Les dades de contaminants metàl·lics que apareixen en aquest capítol han estat elaborades pels Drs. Lluís Camarero i Marc Ventura del Departament de Biogeoquímica del Centre d'Estudis Avançats de Blanes (CSIC) Científiques i s'han utilitzats únicament per a comprovar l'ús del ^{210}Pb com a normalitzador.

A través de la mesura directe de Zn sense normalitzar podem apreciar com els llacs de la Vall d'Aran, sobretot el Pica Palomera (PY0520) i l'Estanh Montoliu (PYR461), antics nuclis miners dedicats a l'explotació de Zn, són els que presenten les concentracions més elevades, amb uns valors de $17859 \mu\text{g g}^{-1}$ i $9952 \mu\text{g g}^{-1}$ de Zn, respectivament. Els nivells naturals d'aquest element es troben habitualment entre els 60 i $90 \mu\text{g g}^{-1}$ (Grimalt *et al.*, 2003). La resta de llacs pirinencs estudiats presenten unes concentracions molt per sota d'aquestes concentracions. El grup de llacs que presenten unes concentracions de l'ordre dels 400-450 ppm de Zn són l'Aubé, el Long de Liat, Monges, Urdiceto i el Llosas. Un altre grup es troba entre els 200-300 ppm com són el Barroude Inferior, l'Eriste, el Nere de Güerri, la Mariola i el Gros de Camporrell. Finalment, la resta presenta unes concentracions properes als 100 ppm de Zn, exceptuant un grup de llacs que no presenten registre de Zn en els seus sediments. Aquests llacs són l'Étang Estorm, Les Laquettes, el Port Bielh, l'Estany Filià, l'Airoto, el Romedo de Dalt, l'Estanyet de la Pica, el Gran de la Pera, el Trebens, l'Estelat, l'Estany Blau, l'Aygue Longue, l'Albe, el Siscar, el Malniu i l'Étang Compte.

Les concentracions de Cd dels llacs del Pirineu es troben entre $0-56 \mu\text{g g}^{-1}$. Els nivells naturals d'aquest element en sediments són de l'ordre de $0.1 \mu\text{g g}^{-1}$ (Palanques *et al.*, 1999). Destacar de nou, els llacs de Pica Palomera i Montoliu amb uns nivells de 56 i $34 \mu\text{g g}^{-1}$ molt per sobre de la mitjana.

Normalització per ^{210}Pb en excés

A la taula 9.16 de l'annex es presenten els resultats de la normalització per ^{210}Pb en excés de la concentració de Zn i Cd dels 73 llacs estudiats.

Si ens centrem en el grup de 8 llacs de la Vall d'Aran afectats per l'explotació minera de zinc (PY449 a PY520) (vegeu taula 5.4.1) observem com els resultats de Zn i Cd obtinguts per mesura directe canvien lleugerament un cop normalitzats per ^{210}Pb en excés. Així per exemple, si comparem els dos llacs més contaminats per Zn i Cd, el llac Pica Palomera (PY0461) ($18000 \mu\text{g g}^{-1}$ de Zn i $56 \mu\text{g g}^{-1}$ de Cd) amb el llac Montoliu (PY0520) ($10000 \mu\text{g g}^{-1}$ de Zn i $34 \mu\text{g g}^{-1}$ de Cd), un cop normalitzat per ^{210}Pb en excés s'observa com el llac Pica Palomera destaca, en termes de contaminació, molt per sobre que el llac Montoliu (vegeu taula 5.4.1). Un altre exemple és el llac Llebrete (PY0477). Aquest llac presenta una concentració de $150 \mu\text{g g}^{-1}$ de Zn, inferior als $240 \mu\text{g g}^{-1}$ de Zn mesurat en el llac Nere de Güerri (PY0449) i els $310 \mu\text{g g}^{-1}$ de Zn del llac Long de Liat (PY0469). Un cop normalitzat per ^{210}Pb en excés, el llac Llebrete passa a tenir, comparativament, major contaminació per Zn que el llac Nere de Güerri i el Long de Liat. El Cd es comporta de manera similar. El llac Llebrete té una concentració de $0.7 \mu\text{g g}^{-1}$ de Cd, inferiors al $0.8 \mu\text{g g}^{-1}$ i $1.4 \mu\text{g g}^{-1}$ de Cd dels llacs PY0449 i PY0469 respectivament. Un cop normalitzat pel ^{210}Pb en excés el Llebrete es presenta com un dels llacs més contaminats per Cd. Per tant, com a resultat de normalitzar aquests llacs per ^{210}Pb podem valor el grau real de contaminació que pateixen, així com, podem fer comparacions entre ells.

5.4.3.3 Normalització dels compostos organoclorats per ^{210}Pb excés

Els contaminants orgànics presenten una forta afinitat amb la fracció de matèria orgànica del sediments. Per tant, el normalitzador més habitual pels compostos orgànics és la matèria orgànica, que es mesura mitjançant el carboni orgànic total (TOC) (Schubert *et al.*, 1995). En el cas de normalitzar per TOC s'ha de tenir molt en compte que la matèria orgànica no és un factor conservatiu en els sediments, sinó que es pot alterar i per tant en alguns casos el seu ús pot induir a error. Per això la utilització del ^{210}Pb en excés com a normalitzador apareix com a una eina en la normalització de contaminants orgànics. A la figura 5.4.4 es mostra la relació entre el TOC(%) i el ^{210}Pb en excés en els sediments dels llacs pirinencs. Tal com es pot apreciar no s'observa una clara relació entre ambdós elements, fet que indica que el TOC, probablement, estigui alterat per fenòmens de degradació de la matèria orgànica.

Les concentracions de compostos organoclorats que apareixen en aquest apartat han estat elaborades pel Departament de Química Ambiental del Centre d'Investigació i Desenvolupament (CID-CSIC) sota la direcció del Dr. Joan Grimalt.

Hexaclorobenzè (HCB)

Els compostos organoclorats no plantegen grans problemes de contaminació en els llacs pirinencs. Les concentracions d'hexaclorobenzè es troben entre 0.030 i 3.6 ng g⁻¹. En la gran majoria de casos aquestes concentracions es troben per sota de 1.8 ng g⁻¹, valor habitual que es registra en zones remotes (Grimalt, 2003). Només en dos llacs, el Malniu (PY0953) i el Aygue Longue (PY0968), s'observen unes concentracions superiors a 1.8 ng g⁻¹, amb uns nivells de l'ordre de 3.6 ng g⁻¹. Aquests llacs estan situats a la Cerdanya, a cavall de la frontera espanyola i francesa. En qualsevol cas representen un cas de contaminació moderada.

Si normalitzem les concentracions d'HCB dels llacs per l'activitat del ^{210}Pb en excés observem com, comparativament, ja no destaquen tant dintre del grup. Llavors, la distribució de les concentracions esdevé geogràficament més uniforme al llarg de la serralada pirinenca. En qualsevol cas, però, destaquen els llacs situats en direcció oest: el llac Arratille (PY0154), el Cap Long (PY0223), el Basa de la Mora (PY0294) i el Pica Palomera (PY0461) que no presenten uns valors de HCB molt elevats en comparació als valors màxims observats, però que un cop normalitzats es mostren com a llacs afectats pels HCB (Taula 9.18).

Hexaclorociclohexà (HCH)

Les concentracions de α -hexaclorociclohexà entre 0.040 i 1.2 ng g⁻¹ i les de γ -hexaclorociclohexà es troben entre 0.015 i 1.5 ng g⁻¹ (Grimalt, 2003). Aquestes concentracions no suposen cap problema de contaminació important. Tanmateix, la normalització de les concentracions pel ^{210}Pb en excés destaca una major contaminació d'HCH als llacs propers a la població de Sabiñánigo (vegeu figura 5.4.4 i 5.4.5 i taula 9.18 de l'annex), on temps enrera hi hagué una fàbrica de γ -hexaclorociclohexà. D'aquest grup de llacs cal destacar els llacs Montagnon (PY0013), Arratille (PY0154) i el Cap Long (PY0223) que presenten uns valors de HCH de l'ordre de la mitjana de concentració (300 pg g⁻¹) i que un cop normalitzats apareixen com llacs més afectats per HCH de la zona. El llac amb una major contaminació per HCH és l'Ibón Basa de la Mora (PY0294) amb uns valors de 1200 pg g⁻¹ de α -HCH i de 630 pg g⁻¹ de γ -HCH molt per sobre de la concentració mitjana. Un cop normalitzat per ^{210}Pb s'accentua encara més el grau de contaminació d'aquest llac en

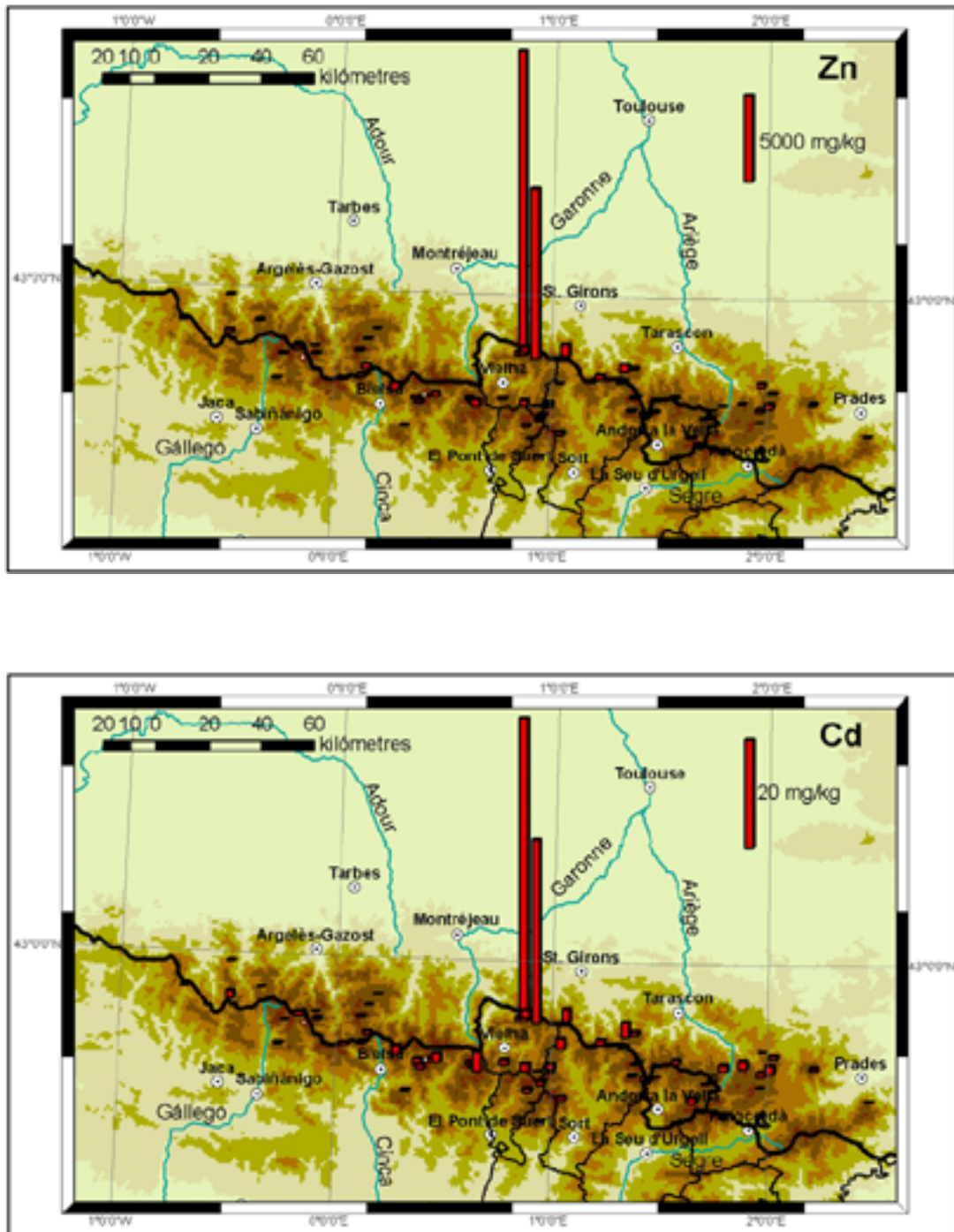
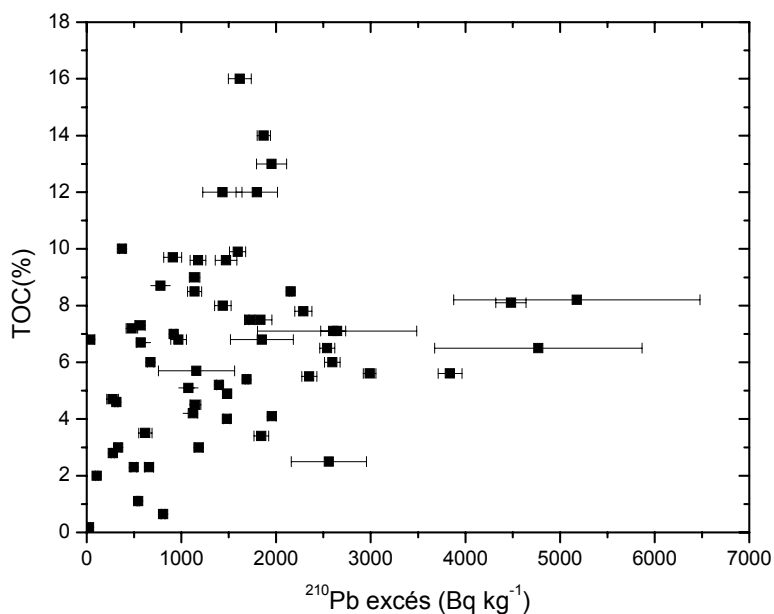


Fig 5.4.3. Distribució de la concentració de Zn i Cd en els sediments superficials de 73 llacs pirinencs¹.

¹ Figura elaborada pel Dr. Lluís Camarero del Centre d'Estudis Avançats de Blanes-CSIC

Taula 5.4.1. Concentracions de Zn i Cd dels llacs de la Vall d'Aran normalitzades per ^{210}Pb en excés

Codi llac	^{210}Pb excés (Bq kg ⁻¹)	Zn (µg g ⁻¹)	Cd (µg g ⁻¹)	Zn/ ^{210}Pb (mg Bq ⁻¹)	Cd/ ^{210}Pb (mg Bq ⁻¹)
PY0449	1689 ± 16	240	0.8	142	0.5
PY0461	273 ± 63	18000	56	65934	205.1
PY0463		350	1.5		
PY0469	1723 ± 55	310	1.4	180	0.8
PY0477	374 ± 30	150	0.7	401	1.9
PY0499	4481 ± 159	0	0	0	0
PY0519	1869 ± 70	0	0	0	0
PY0520	3838 ± 126	10000	34	2606	8.9

**Fig. 5.4.4.** Representació de la correlació TOC (%) versus ^{210}Pb en excés en els llacs pirinencs.

comparació a la resta, indicant també l'efecte de les emissions atmosfèriques de la fàbrica de Sabiñánigo. En general, a partir de la normalització per ^{210}Pb en excés s'observa una tendència a trobar els valors més elevats de HCH en direcció oest a cavall del Pirineu aragonès i francès.

DDE i DDT

Les concentracions de 4,4'-DDE + 4,4'-DDT es troben entre 0.025 i 27 ng g⁻¹. En zones remotes les concentracions d'aquests compostos prenen uns valors entre el 0-5 ng g⁻¹ (Grimalt, 2003). Per tant, es troben nivells que indiquen contaminació a Glacé, Redon, Monges, Gerber, Mariola, Romedo de Dalt, Aubé, Blaou i Malniu. Els nivells més alts es troben a Monges, a la comarca de la Noguera Ribagorçana, i el llac Blaou (França) (22 i 27 ng g⁻¹, respectivament).

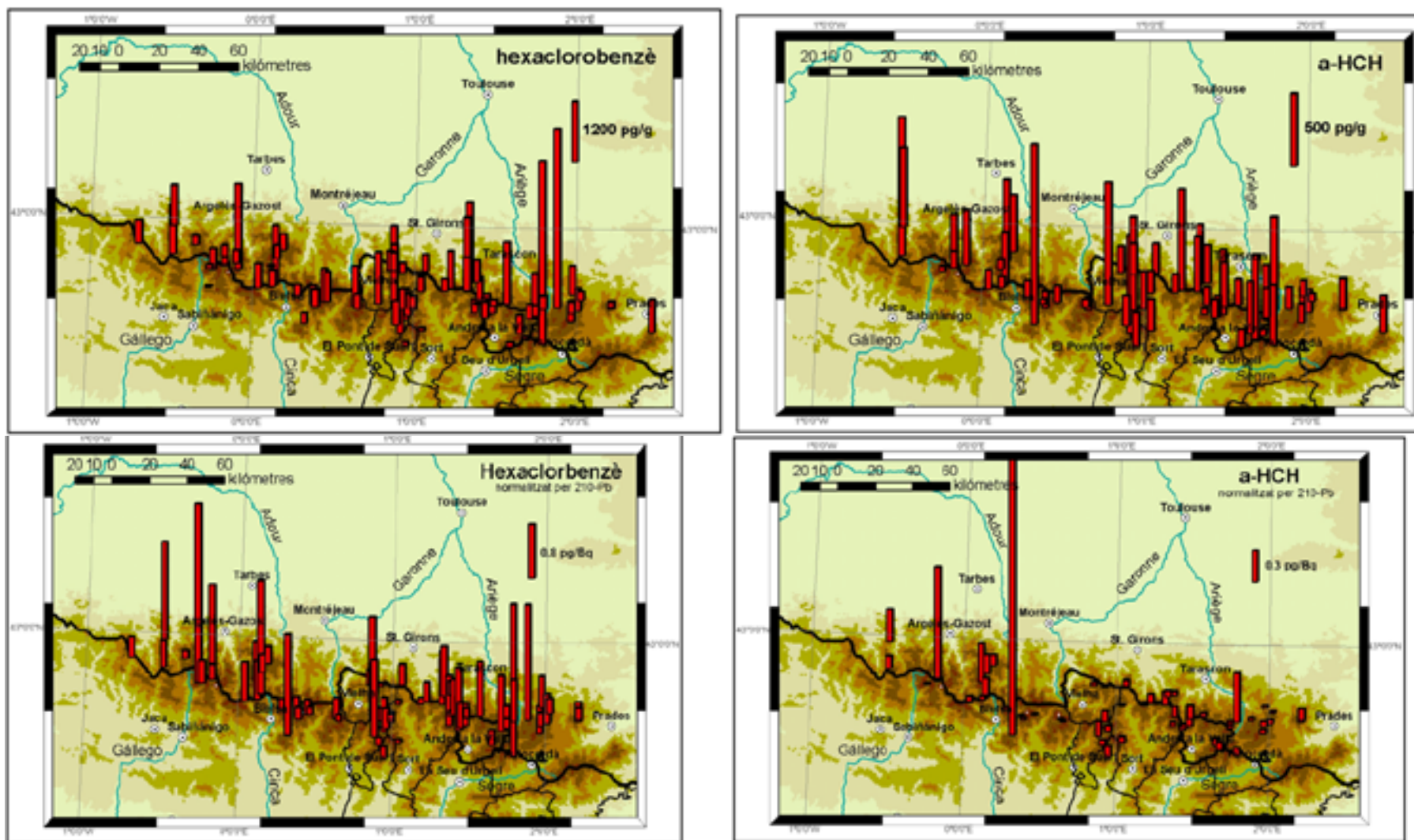


Figura 5.4.5. Concentracions d'hexaclorobenzè i d' α -hexaclorociclohexà en els sediments dels llacs pirinencs. Dalt: valors directes. Baix: normalitzats per ^{210}Pb excés. ¹

¹ Figura elaborada pel Dr. Lluís Camarero del Centre d'Estudis Avançats de Blanes-CSIC.

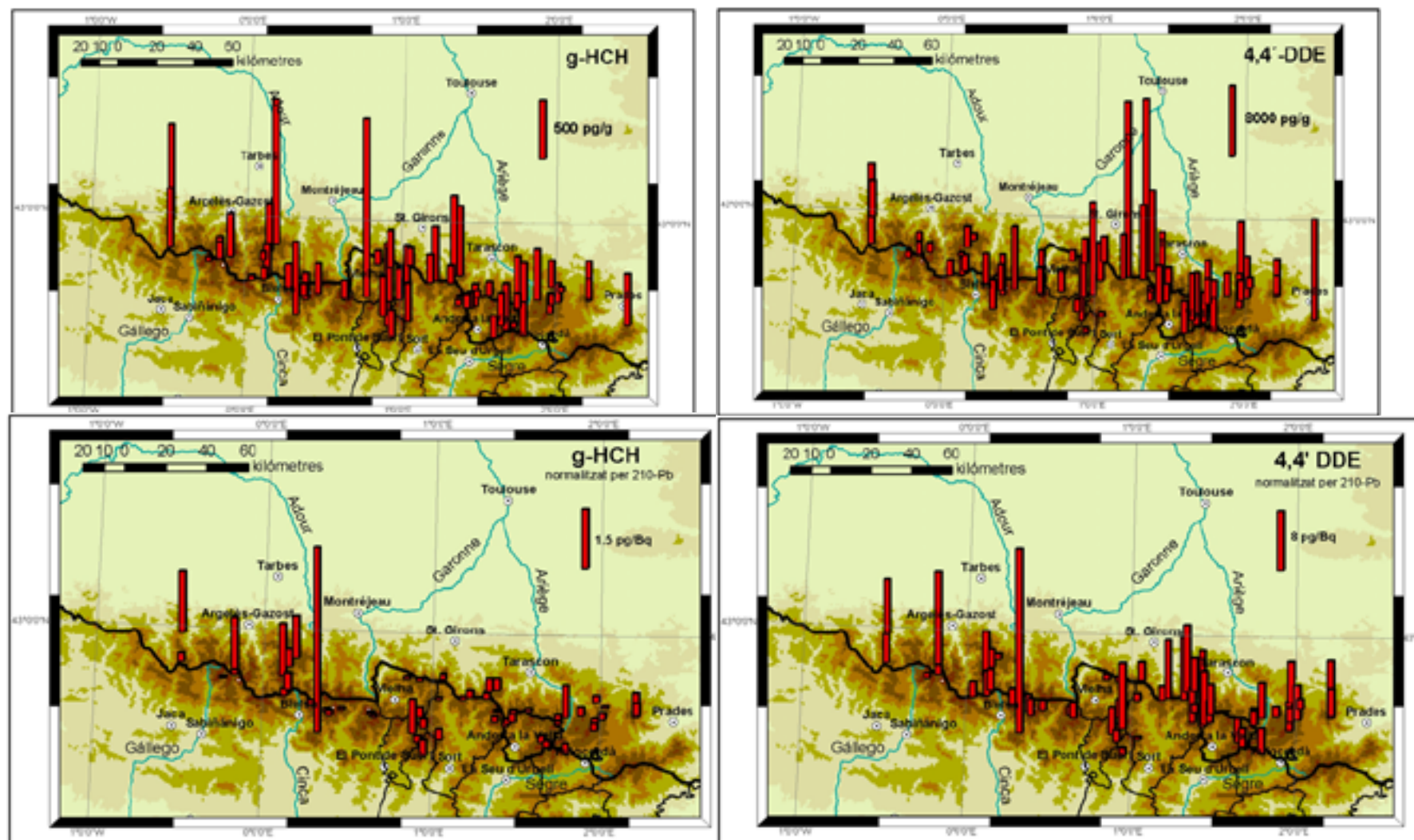


Figura 5.4.6. Concentracions de γ -hexaclorociclohexà (g-HCH) i 4,4'-DDE en els sediments dels llacs pirinencs. Dalt: valors directes. Baix: normalitzats per ^{210}Pb excés

Si normalitzem pel ^{210}Pb en excés observem com la distribució geogràfica canvia lleugerament i s'observa una distribució on els llacs més contaminats es troben en direcció oest (vegeu taula 9.17 i figura 5.4.4). Apareix un grup de llacs que no destacaven pels seus valors de concentració de DDE mesurats directament, però després de la normalització passen a mostrar indicis de major acumulació de DDE, com ara el llac Arratille (PY0154), el Cap Long (PY0223), el Basa de la Mora (PY0294), essent també els llacs amb contaminació per HCH, i els llacs Monges (PY0463), Llebreta (PY0477) i Blaou (PY(0831)). En general la presència de DDE ha és conseqüència dels processos de condensació per efecte de la temperatura. Tanmateix, no es pot destacar algun efecte per contaminació local a la zona.

