



NIVELLS DE METALLS PESANTS A LA CONCA CATALANA DEL RIU EBRE. AVALUACIÓ DEL RISC PER A LA POBLACIÓ I L'ECOSISTEMA

**Universitat Rovira i Virgili
Facultat de Medicina i Ciències de la Salut
Departament de Ciències Mèdiques Bàsiques
Laboratori de Toxicologia i Salut Mediambiental**

Tesi Doctoral

NÚRIA FERRÉ I HUGUET

Directors

Dr. Josep Lluís Domingo i Roig i Dra. Marta Schuhmacher Ansuategui

Reus , 2007



Premi *Estudis 2004/2005* – Fundació Caixa Sabadell.

2005 - 2007 Ajut del Consell Comarcal del Priorat i Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR).

Beca per a l'ampliació de l'abast de la Tesi per part de la Fundación Mapfre (2006-2007).
Creació de les aplicacions *HRA Metales Pesados* i *SHM Metales Pesados en Suelos* .

Premi *Estudis 2006*- Fundació Caixa Sabadell.

UIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
NIVELLS DE METALLS PESANTS A LA CONCA CATALANA DEL RIU EBRE.
AVALUACIÓ DEL RISC PER A LA POBLACIÓ I L'ECOSISTEMA
Núria Ferré Huguet
ISBN:978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007



Tot el que sé, ho he après mirant al riu

Sidharta (Herman Hesse)

RESUM

L'Ebre, al seu pas pels diversos assentaments localitzats en els 928 km de longitud, va rebent abocaments tant d'origen urbà com industrial i agrícola. Tots ells són transportats pel riu, alguns fins al Delta de l'Ebre. Donat que existeix un consens general, tant per part de l'administració, com per part de la població, de que la conca catalana del riu Ebre i els seus afluent al Priorat, són una zona de gran valor econòmic i ecològic; investigadors i administració han realitzat fins avui diferents estudis amb la finalitat de conèixer possibles impactes potencials deguts a la contaminació de la zona.

L'objectiu general del present projecte va ser la diagnosi de la situació actual de la conca catalana del riu Ebre i a la comarca del Priorat, mitjançant l'avaluació del risc ambiental per a la població i l'ecosistema, a partir d'anàlisis físico-químiques i de metalls (Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, V, Tl i Zn) en 30 punts de la conca. L'estudi es va realitzar en diferents matrius del sistema fluvial: aigua superficial, aigua fluvial filtrada, sediments superficials i de ribera, biota fluvial i sòls superficials de la zona de ribera. Totes les dades es van integrar per tal d'avaluar els efectes potencials de les diferents fonts de contaminació sobre l'ecosistema. Per l'avaluació del risc ambiental per a la població, es van prendre mostres d'aigua de consum i sòls superficials de les poblacions de ribera potencialment contaminades amb metalls. Es va calcular el risc potencial associat a la ingesta i l'absorció dèrmica de metalls de l'aigua, així com la ingesta, inhalació i absorció dèrmica dels metalls de les partícules de sòls.

Les quantitats absolutes de metalls dipositades al Pantà de Flix, a causa de les activitats de la planta de fosat bicàlcic, van ser molt elevades i representaven un perill evident de contaminació massiva de tot el tram de l'Ebre situat aigües avall. En el cas del Hg s'havien calculat entre 10 i 18 tones emmagatzemades en els sediments del Pantà sota la influència de la seva aigua. En general, tot i que no es va observar una contaminació puntual per metalls en l'aigua fluvial de la conca catalana del riu Ebre i els seus afluent, els sediments i la biota fluvial de l'Ebre, especialment entre el Pantà de Flix i la desembocadura mostraren una contaminació important per Hg, Cd, Cu, i Pb. No obstant això, els nivells de contaminació van ser per alguns metalls, superiors als de Flix. Molts dels compostos metàl·lics eren poc insolubles en aigua i només es van dissoldre a l'aigua en una part molt petita o en episodis molt puntuals. La matèria fina particulada, a la qual es poden adsorbir

els metalls, i ser transportada aigües avall, es va considerar com la principal font de dispersió dels residus emmagatzemats a Flix, podent suposar un risc real per a l'ecosistema.

Els nivells en sediments i en biota indicaren que existia un cert escapament de Hg procedent del Pantà de Flix. Al Priorat, les altes concentracions de Fe, Mn i Pb en sediments i biota del sistema fluvial eren de tipus puntual i natural, i provenien principalment de l'erosió i l'arrossegament dels sòls de la zona de ribera. Amb els resultats obtinguts en aquest estudi, les concentracions detectades suposarien un cert risc toxicològic per l'ecosistema fluvial i molt especialment pels organismes bentònics del riu Ebre.

En general, es va observar que el risc ambiental potencial per a la població, associat als diferents metalls amb efectes no cancerígens, va ser similar en els diferents trams de la conca catalana del riu Ebre, tant per nens com per adults. Així mateix, l'excés d'As, Fe i Pb podria augmentar els efectes potencials de tipus no cancerigen en la població resident a la conca. La contaminació natural o antropogènica d'As i Cr de les poblacions del tram fluvial del riu Ebre, i de Cd en el cas del Priorat, podria augmentar el nombre de càncers en la població resident. Aquest risc no pot considerar-se com a assumible per part de la població segons els estàndards internacionals. En el present estudi, s'ha treballat sota una hipòtesi de pitjor escenari, que acostuma a portar a una sobrevaloració dels riscos. Per exemple, s'ha partit de la suposició de que tot l'As detectat en sòls i aigua de consum era As inorgànic, i que la relació entre el Cr total analitzat i el Cr (VI) era d'1 a 6. En conseqüència, caldria determinar l'especiació de l'As (orgànic i inorgànic, As(III) i As(V) i del Cr. Amb els resultats de l'especiació, s'hauria de tornar a avaluar el risc i la variabilitat associada a aquest risc que, molt possiblement, serien menors a les presentades aquí.

AGRAÏMENTS

Aquesta és la última cosa que normalment s'escriu quan s'acaba la tesi i sembla que no, és la més difícil d'escriure. Ha estat un camí llarg i dur, un riu ple de ràpids que per fi desemboca al mar, i tot això ha estat gràcies a moltes persones. Voldria donar les gràcies a tots aquells que d'una manera o d'una altra, han estat al meu costat, alguns físicament i d'altres espiritualment, però que m'han ofert el seu suport durant aquests últims dos anys i mig.

Voldria agrair molt especialment a la Marta, la meva directora de tesi, que tant ha disfrutat recollint sediments i biota fluvial, les hores passades davant dels articles, els pòsters i davant d'aquesta tesi, sense ella de vegades hauria estat difícil seguir endavant, agrair-li la seva confiança en el meu criteri a l'hora d'escollir, redactar i presentar projectes i en la manera de realitzar la feina.

Al Martí, el meu director de tesi en funcions, que ha estat un puntal bàsic per que tot anés endavant, sense ell, de vegades això hagués estat impossible, al seu costat he estat capaç d'aprendre gairebé tot el que sé, encara que ell pensi que no és així. Gràcies per ensenyar-me l'SPSS, el MatLab, el Monte-Carlo,...per la teva serenitat i calma i sobretot per la teva dedicació.

Agraeixo també al Dr. Domingo, la seva paciència i la llibertat que m'ha donat a l'hora de fer la tesi. Agrair-li les seves correccions i el seu suport en moments difícils.

Al Willy i ara també al Jordi, que tant han disfrutat mostrejant, per totes les anàlitzes de camp i laboratori que han fet que aquesta tesi hagi estat possible.

A les *toxinenes* (la Monchi, la Roser, la Eva, l'Ana, la Tània, la Bea, l'Anabel, la Lolita, l'Amparo) i a les *neurotoxinenes* (la Teresa, la Paloma, la Silvi i la Diana), pels seus somriures i rialles, els ànims, dinars, sopars i totes les activitats "extraescolars" que hem anat fent al llarg de tot aquest temps. Als Paco's, a l'Esparza i al Jaume pels seus consells i cafès per fer la tesi. Als de Bioquímica i als de Fisio, per les xerrades i somriures, i tot el material que ens han deixat. A la Montse i la Imma del Departament, per la seva paciència i la quantitat de papers que m'han estalviat i solucionat tant ràpidament. I finalment a tota la gent de la primera planta del nostre edifici, pels seus ànims.

No em vull deixar tampoc a la gent del Servei Científic-Tècnics de la UB, al Toni, al Santi i a la Maribel, per ajudar-me i aconsellar-me amb tots els metalls de la tesi.

Igualment, a tot el personal del Parc Natural del Delta de l'Ebre i molt especialment als Guardes del Parc, de la Punta de la Banya i del Fangar, sense els quals no haguéssim pogut prendre moltes de les mostres, ni sentir les millors històries que mai ens han explicat del Delta.

Als membres de la Fundació Caixa Sabadell, que durant el 2004/2005 i el 2006/2007 han considerat que aquesta tesi mereixia realitzar-se, i que han donat el seu suport econòmic per fer-la possible. Així mateix, a la Fundación Mapfre per confiar-me una beca d'estudis per ampliar l'abast de la tesi que m'ha permès crear dues aplicacions informàtiques preparades per al públic en general.

Al Consell Comarcal del Priorat i molt especialment a l'Ester Catalán (la tieta Ester), al Joan Reig i a la Maria Secall que van posar tot el seu entusiasme des de l'any 2005, per que existissin d'una vegada per totes, dades reals de contaminació fluvial al Priorat. Entre tots vam aconseguir que l'AGAUR financés una part d'aquest estudi.

Als meus pares, als meus germans i a la Cunyi, per totes les absències dels últims dos anys i mig, la seva paciència ha estat enorme i el seu suport infinit. Especialment al Pare, un gran recollidor d'aigua i coneixedor del Priorat, sense el qual mai hagués trobat on tirar la "galleta". Al Padrí per tots els seus consells al llarg de tota una vida, per ensenyar-me a mirar la natura amb uns altres ulls. A l'Àvia i a la Tieta Maruja que des d'on són no han deixat mai d'estar al meu costat, animant-me i sentint-se orgulloses de tot el que he fet, he arribat al final com vosaltres volíeu. Finalment i no per això la menys important a la Padrina, perquè ens hem trobat a faltar molt, però en la que no he pogut deixar de pensar ni un sol moment aquests últims anys, que ha estat el meu model i ha fet que sigui com sóc.

Al Sergio que tantes vegades m'ha arreglat l'ordinador i m'ha ensenyat que feia coses que ni tant sols imaginava que la maquineta podia fer. I als meus amics, que tot i oblidar-los durant molt temps han estat allà quan més m'ha fet falta, a un cop de telèfon, i disposat a fer més del que se'ls demanava.

A la Peti per fer-me de secretaria i llegir una vegada i una altra aquesta tesi, que m'ha fet teràpia dia si, dia també i no m'ha deixat llençar la tovallola quan ja no podia més.

A tots i totes, dir gràcies ... es queda curt.

Reus-Falset, juny del 2007

RESUM

AGRAÏMENTS

0- ÍNDEX

A0-1

0- ACRÒNIMS

A1-1

1- INTRODUCCIÓ

1

1.1 - ELS METALLS PESANTS I METAL·LOIDES

2

1.1.1- Les Conques Hidrogràfiques

2

1.1.2- Els Sistemes Vius

3

1.1.3- L'aire

7

1.1.4- Els Sòls

8

1.1.5- Els Sediments

10

1.1.6- Les aigües superficials i subterrànies

11

1.2 – DESCRIPCIÓ DE LA ZONA D'ESTUDI

12

1.2.1- La Conca del riu Ebre

12

1.2.2- Descripció de la zona d'estudi

14

1.3- FONTS DE METALLS

20

1.3.1- Els sòls i la hidrogeologia

21

1.3.2- L'agricultura

23

1.3.3- La ramaderia

26

1.3.4- Els gestors de residus

27

1.3.5- Les EDARs

28

1.3.6- Les mines

30

1.3.7- Les indústries

31

1.4- CASOS RECENTS DE CONTAMINACIÓ DEL RIU EBRE

31

1.5- AVALUACIÓ DEL RISC PER A LA POBLACIÓ DE LA CONCA CATALANA DEL RIU EBRE	35
1.5.1- Etapes de l'avaluació del risc	34
1.5.2- Exposició a metalls	36
1.6- AVALUACIÓ DEL RISC PER L'ECOSISTEMA	37
1.6.1- Formulació del problema	38
1.6.2- Avaluació de l'exposició	40
1.7- TOXICOLOGIA DELS METALLS	41
1.7.1- Principis generals	41
1.7.2- L'Alumini (Al)	43
1.7.3- L'Antimoni (Sb)	44
1.7.4- L'Arsènic (As)	44
1.7.5- El Bari (Ba)	46
1.7.6- El Beril·li (Be)	46
1.7.7- El Cadmi (Cd)	47
1.7.8- El Cobalt (Co)	48
1.7.9- El Crom (Cr)	48
1.7.10- El Coure (Cu)	49
1.7.11- El Ferro	49
1.7.12- El Manganès (Mn)	50
1.7.13- El Mercuri (Hg)	52
1.7.14- El Molibdè (Mo)	52
1.7.15- El Níquel (Ni)	53
1.7.16- El Plom (Pb)	54
1.7.17- El Seleni (Se)	54
1.7.18- El Tal·li	55
1.7.19- El Vanadi	56
1.7.20- El Zinc	56

2- OBJECTIUS	59
2.1- SITUACIÓ ACTUAL DE LA CONCA CATALANA DEL RIU EBRE I JUSTIFICACIÓ DEL TREBALL	60
2.2- OBJECTIUS	60
3- MATERIALS I MÈTODES	63
3.1- AGUA FLUVIAL SUPERFICIAL I DE CONSUM	64
3.1.1- Mostreig de l'aigua fluvial superficial	64
3.1.2- Mostreig de l'aigua de consum	65
3.1.3- Aliquotat de l'aigua	66
3.1.4- Aigua fluvial i filtrada	68
3.1.5- Propietats físico-químiques i anàlisis <i>in situ</i>	69
3.1.6- Anàlisis de metalls en aigua	76
3.2- SÒLS I SEDIMENTS	78
3.2.1- Sòls en profunditat	79
3.2.2- Sòls superficials	79
3.2.3- Sediments superficials	80
3.2.4- Anàlisis físico-químiques de sòls i sediments	81
3.2.5- Pre-tractaments de sòls i sediments per a la determinació de metalls	82
3.2.6- Anàlisi de metalls en sòls i sediments	84
3.3- BIOTA FLUVIAL I DE RIBERA	86
3.3.1- Pre-tractaments de les mostres vegetals per a la determinació de metalls	87
3.3.2- Digestió de les mostres amb àcid nítric	87
3.3.3- Evaporacions de les mostres	87
3.3.4- Anàlisi de metalls en biota	88
3.4- ANÀLISI ESTADÍSTICA I REPRESENTACIÓ DELS RESULTATS	88
3.4.1- Anàlisi de components principals (ACP)	89
3.4.2- Algoritmes Self-Organizing map (SOM)	90

3.5- AVALUACIÓ DE RISCOS SOBRE LA SALUT HUMANA PER EXPOSICIÓ AMBIENTAL A METALLS	91
3.5.1- L'avaluació del risc per a la població	91
3.5.2- Exposició a metalls	93
3.5.3- Caracterització del risc	99
3.5.4- Avaluació del risc per a la població amb l'aplicació <i>HRA Metales Pesados</i>	104
3.6- AVALUCIÓ DEL RISC PER L'ECOSISTEMA	104
3.6.1- Avaluació de l'exposició	106
3.6.2- Caracterització del risc	107
4- RESULTATS I DISCUSSIÓ	113
4.1- PROPIETATS FÍSICO-QUÍMIQUES	114
4.1.1- Aigua Fluvial	114
4.1.2- Aigua de Consum	127
4.2- METALLS I METAL·LOIDES	128
4.2.1- Aigua fluvial	128
4.2.2- Aigua de consum	146
4.2.3- Sediments fluvials superficials	154
4.2.4- Sòls superficials i de ribera	162
4.2.5 Biota fluvial de la zona de ribera	171
4.3- AVALUACIÓ DE RISCOS SOBRE LA SALUT PER EXPOSICIÓ AMBIENTAL A METALLS	178
4.3.1- Avaluació de l'exposició a metalls en l'aigua de consum	178
4.3.2- Avaluació de l'exposició a metalls a partir de les partícules de sòls	184
4.3.3- Caracterització del risc no cancerigen per exposició a metalls en l'aigua de consum	189
4.3.4- Caracterització del risc no cancerigen per exposició a metalls del sòls	192
4.3.5- Caracterització del risc ambiental cancerigen per exposició a metalls en l'aigua de consum i de les partícules de sòls	199

4.3.6- Avaluació del risc per a la població amb l'aplicació <i>HRA Metales Pesados</i>	205
4.4- AVALUACIÓ DE RISCOS SOBRE L'ECOSISTEMA PER EXPOSICIÓ AMBIENTAL A METALLS	208
4.4.1- Factor d'acumulació (AF) aigua biota	208
4.4.2 - Factor d'acumulació sediment biota (BSAF)	210
4.4.3 – Coeficient de partició aigua sediment (Log Kd)	212
4.4.4- Caracterització del risc	212
5- CONCLUSIONS	219
6- BIBLIOGRAFIA	225
7- ANNEXES	
ANNEX 1- PROPIETATS FÍSICO-QUÍMIQUES DE L'AIGUA FLUVIAL	
ANNEX 2- CONCENTRACIÓ DE METALLS EN L'AIGUA I AIGUA DE CONSUM	
ANNEX 3- CONCENTRACIÓ DE METALLS EN L'AIGUA FLUVIAL FILTRADA	
ANNEX 4- CONCENTRACIÓ DE METALLS EN PARTÍCULES EN SUSPENSÍO DE L'AIGUA FLUVIAL	
ANNEX 5- CONCENTRACIÓ DE METALLS SEDIMENTS SUPERFICIALS FLUVIALS	
ANNEX 6- CONCENTRACIÓ DE METALLS SÒLS SUPERFICIALS	
ANNEX 7- CONCENTRACIÓ DE METALLS EN BIOTA FLUVIAL	
ANNEX 8- EXPOSICIÓ PREDITA A METALLS NO CANCERÍGENS	
ANNEX 9- EXPOSICIÓ PREDITA A METALLS CANCERÍGENS	

0- ACRÒNIMS

ACA	Agència Catalana de l'Aigua
AF	Factor d'acumulació biota aigua
APC	Anàlisi de components principals
APC	Anàlisi de Components Principals
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry
BSFA	Factors d'acumulació sediment biota
CHE	Conferderación Hidrográfica del Ebro
DARP	Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca
DE	Desviació estàndard
Der _w	Exposició estimada per absorció dèrmica dels metalls de l'aigua
Der _{soil}	Exposició estimada per absorció dèrmica dels metalls dels sòls
DO i DQO	Denominació d'Origen i Denominació d'Origen Qualificada
DWEL	Drinking Water Equivalent Level
EDARs	Estacions Depuradores d'Aigües Residuals
EDD _w	Exposició estimada per ingesta dels metalls de l'aigua
ERA	Avaluació dels risc ecològic
HI	Índex de Risc o Hazard Index
HQ	Quocient de risc o Hazard Quotient
HRA	Avaluació del risc per a la salut humana
IARC	Agència Internacional per la Recerca del Càncer
Ing _{soil}	Exposició estimada per ingesta de les partícules de sòls amb metalls
Inh _{soil}	Exposició estimada per inhalació de les partícules de sòls amb metalls
LOD	Límit de detecció
MCLG	Maximum Contaminant Level Goal
ND	No Detectat
OMS	Organització Mundial de la Salut
P	Probabilitat
PEIN	Pla d'Espais d'Interès Natural
PM10	Material Particulat inferior a 10 micres
PRGs	Preliminary Remediation Goals
PS	Partícules en suspensió dels sediments
PTS	Partícules en suspensió totals de l'aigua o l'aire
RAIS	Risk Assessment Information System
RC	Risc cancerigen

RD	Real Decret
<i>Rf_dD</i>	Dosi de referència dèrmica
<i>Rf_iD</i>	Dosi de referència per inhalació
RNC	Risc no cancerigen
<i>Rf_oD</i>	Dosi de referència oral
SAIH Ebro	Sistema Automático de Información Hidrológica de la Cuenca Hidrográfica del Ebro
SF	Factor de potència cancerígena, Cancer Slope Factor
TOC	Contingut de compostos orgànics totals o matèria orgànica
USA EPA	US Environmental Protection Agency

1.1- ELS METALLS PESANTS I METAL·LOIDES

1.1.1- LES CONQUES HIDROGRÀFIQUES

Els estudis de la qualitat de les conques hidrogràfiques han adquirit un gran interès a les últimes dècades, degut principalment al increment de la població en les seves riberes, al creixent grau d'industrialització i al ressorgiment del sector primari (CHE, 1998). A diferència dels contaminants de tipus orgànic, els metalls, no s'eliminen generalment dels ecosistemes aquàtics per processos naturals, degut principalment a que no són biodegradables. Per tant, només van canviant la seva forma química, el seu estat d'oxidació, o l'anió amb el qual s'uneixen (**Figura 1**). Les aigües acostumen a ser el camí natural a partir del qual aquests contaminants s'integren al cicle global de l'ecosistema. És potser per aquesta raó que actualment han adquirit una gran referència com a indicadors de la qualitat ecològica dels rius (CHE, 1998).

En els sistemes aquàtics es poden dissoldre les diferents sals i compostos, segons la seva solubilitat, el pH del medi, o la temperatura (**Taula 1**). La presència de diferents materials i estructures geològiques, són també una font important d'una gran varietat de ions dissolts en les aigües superficials. El seu estudi podria arribar a permetre una anàlisi del tipus de sediment que travessa una corrent d'aigua (Ramos i col·ls., 1999b). Tot això seria possible en el supòsit de que no es considerés l'activitat humana que ha alterat els diferents medis. Els sòls aporten a l'aigua que hi està en contacte, sempre en funció tant del tipus de sòl i de les característiques de l'aigua, una gran quantitat de ions. Per exemple, els sòls de les conques que provenen d'un origen geològic de l'època del primari, acostumen a aportar materials més calcaris, mentre que si pertanyen al període terciari, contindran més argiles. Els ions que es troben de forma majoritària en les aigües continentals són: sodi (Na^+), potassi (K^+), calci (Ca^{2+}), magnesi (Mg^{2+}), clorurs (Cl^-), sulfats (SO_4^{2-}) i carbonats (CO_3^-). Hi ha altres ions que es poden detectar a nivells traça, com són els corresponents a metalls (Navas i Lindhorfer, 2003).

Les concentracions de metalls en les aigües, estan directament relacionats amb les activitats humanes (agricultura, ramaderia, indústria) i les descàrregues dels afluents, però també depenen de les variacions dels cabals dels abocaments puntuals que el riu pot arribar

a rebre (Rosas, 2001). Per tant, la contaminació en els rius, es produeix, per la presència d'aquests elements que normalment no es detectarien, i que són degudes a un augment o un descens de la concentració normal de les substàncies ja existents. D'entre ells, els potencialment més tòxics són els metalls pesants, entre els que caldria destacar: l'antimoni (Sb), l'arsènic (As), el beril·li (Be), el cadmi (Cd), el coure (Cu), el crom (Cr), el mercuri (Hg), el níquel (Ni), el plom (Pb), el seleni (Se) i el Zinc (Zn).

Tenen tendència a formar associacions amb substàncies de tipus mineral (carbonats, sulfats, silicats, etc.), i en menys grau amb substàncies orgàniques, mitjançant fenòmens d'intercanvi iònic, absorció, quelació, o formació de combinacions químiques (Chapman i col·ls., 2003). Totes aquestes associacions afavoreixen l'acumulació al medi ambient, principalment en els sòls i els sediments dels llacs, rius i mars (Rosas, 2001). Poden transferir-se també fàcilment de fases sòlides (sediments, partícules en suspensió) a líquides (aigua) dels sistemes aquàtics i viceversa, afavorits per variacions dels components ambientals i biòtics. Per tant, ni les aigües, ni els sediments són compartiments estancs de metalls pesants. Poden solubilitzar-se o precipitar, per diferents fenòmens i en diferents formes químiques. Tot això pot incorporar-los a la flora i la fauna de l'ecosistema, i arribar finalment a l'home, ja sigui a través de la cadena tròfica o de l'aigua (Audry i col·ls., 2004b) **(Figura 1)**.

1.1.2- ELS SISTEMES VIUS

La importància que té l'estudi dels metalls pesants i metal·loides en les conques dels rius, també és deguda a l'elevada toxicitat d'aquests elements, a la seva alta persistència, i a la ràpida acumulació de molts d'ells en els organismes vius (Rosas, 2001). Els seus efectes tòxics no es detecten fàcilment a curt termini, a menys que es tracti d'una intoxicació aguda deguda a exposicions de dosis molt altes en períodes de temps molt curts. La majoria dels organismes van incorporant lentament els metalls pesants als seus teixits, i degut a la naturalesa d'aquests contaminants, es bioacumulen, ja que molts d'ells són difícils d'eliminar. Tant els metalls pesants com els metal·loides són elements que poden tenir un paper important en els organismes, alguns en ser part fonamental de les seves funcions fisiològiques. Existeixen evidències experimentals que han demostrat el grau d'importància biològica que els ions metàl·lics pesants tenen sobre els sistemes vius, i que segueixen un patró similar a la seva biodisponibilitat en la naturalesa (Fergusson, 1990). Per exemple,

existeix una aparent correlació entre l'abundància dels elements en l'escorça terrestre i les necessitats alimentàries d'algunes espècies vegetals. La seva presència en l'escorça terrestre és inferior al 0.10%, i gairebé sempre menor al 0.01%. Els metalls pesants però, poden actuar també com potents tòxics tant pels éssers humans com per l'ecosistema, depenent de quines siguin les seves vies d'exposició, les dosis absorbides o la naturalesa química del metall (Goel, 2006).

La bioacumulació augmenta a mesura que es puja per la xarxa tròfica, sobretot en els cas dels animals depredadors i dels humans. El terme bioacumulació es refereix justament a l'acumulació neta en un organisme de metalls que provenen de fonts biòtiques (altres organismes) o abiòtiques (sòls, aire i aigua) (US-EPA, 2002; Huijbregts, 2005). Un altre fenomen que es dona, és també la biomagnificació, que es refereix a l'acumulació progressiva de certs metalls o altres substàncies persistents d'un a un altre nivell tròfic successiu. Aquest terme relaciona finalment el coeficient de concentració en els teixits d'un organisme depredador en comparació del de la seva presa (Samecka-Cymerman i Kempers, 1996; Samecka-Cymerman i col·ls., 1997; Samecka-Cymerman i Kempers, 2001; Boluda i col·ls., 2002; Chapman i col·ls., 2003; Anton i col·ls., 2004; Audry i col·ls., 2004b; Huijbregts, 2005).

D'entre els metalls, alguns són oligoelements o micronutrients; és a dir, són elements imprescindibles pel manteniment dels sistemes bioquímics dels éssers vius (inclòs l'home) (Chandra Sekhar i col·ls., 2005). Les seves concentracions han de ser sempre inferiors a 0,01% de la massa total de l'organisme. Cal destacar el manganès (Mn), el crom (Cr), el zinc (Zn), el coure (Cu) o el ferro (Fe). D'altres, acostumen a trobar-se en els éssers vius perquè estan àmpliament distribuïts en l'escorça terrestre (Boluda i col·ls., 2002; Gil i col·ls., 2004). Alguns exemples els trobem en el Pb, el Ni, el vanadi (V), el Hg, el cadmi (Cd) i l'arsènic (As), entre d'altres (Bruce King, 1997). Petites variacions en les seves concentracions, tant disminucions com augments, poden produir efectes nocius. Sempre en funció dels nivells als quals es trobin, poden arribar a ser tòxics i a vegades produir efectes greus i crònics, fins i tot letals en els éssers vius. Alguns metalls són considerats com cancerígens per l'Agència Internacional per la Recerca del Càncer (IARC) (Batista i col·ls., 1996). El grau de toxicitat potencial i la biodisponibilitat que un metall present en un ambient determinat, depèn d'una sèrie de factors que es mostren en la **Taula 1**.

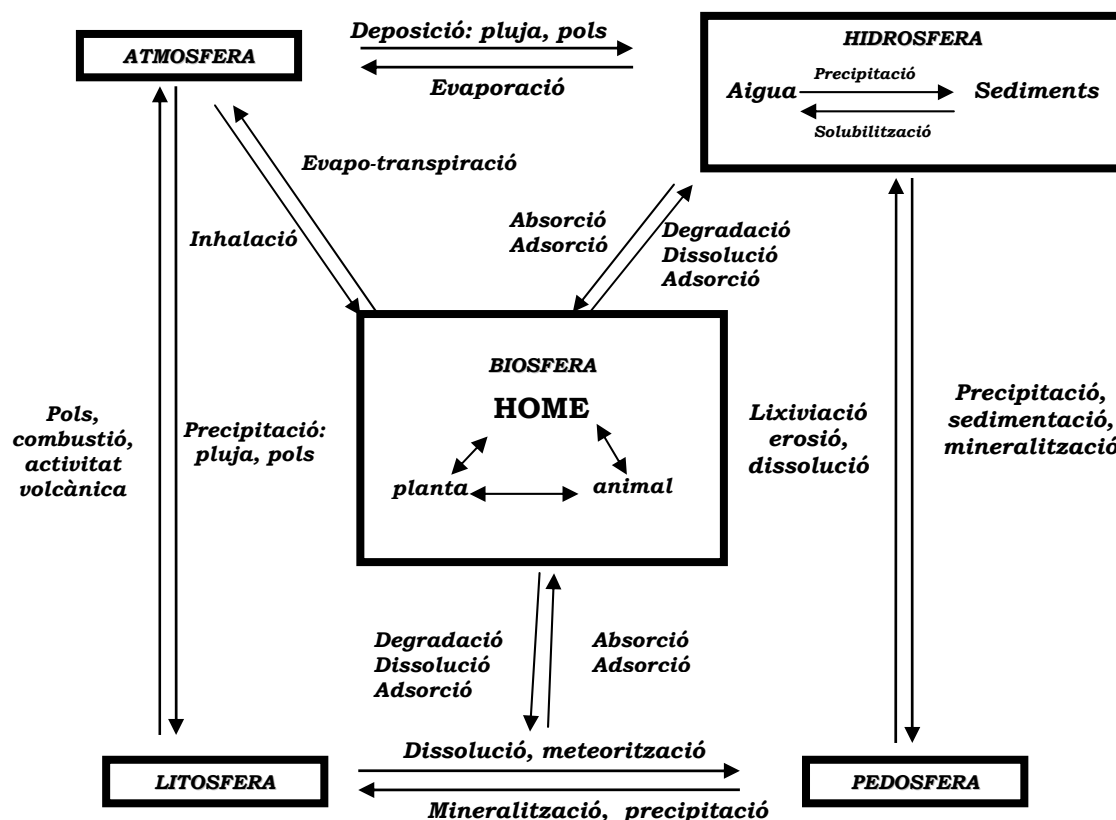


Figura 1- Possibles fonts de contaminació per metalls. Connexions entre els diversos compartiments ambientals

La toxicitat dels metalls és proporcional a la facilitat amb que aquests poden ser absorbits pels éssers vius. Per exemple, un metall dissolt en forma iònica, pot ser absorbit amb més facilitat a través de l'aigua, que no pas si es troba en la seva forma elemental, normalment poc soluble en aquest medi (veure **Taula 1**). Per altra banda, si aquest metall es troba en la seva forma iònica més reduïda, pot augmentar les possibilitats de ser oxidat a l'interior dels organismes, i que això afavoreixi la retenció en els diferents òrgans. No totes les espècies tenen la mateixa afinitat pels metalls, ni mecanismes de detoxificació o d'eliminació prou eficients com per excretar els metalls (Rosas, 2001).

Encara que habitualment, la font més important d'exposició en els éssers humans és de tipus ocupacional (Agramunt Gràcia, 2002), l'extensa difusió de molts d'aquests elements (**Figura 1**), fa que la població general resultar exposada als metalls diàriament. Donat el caràcter acumulatiu i de permanència dels metalls, aquests es troben no tan sol en diversos compartiments ambientals, sinó també en l'organisme humà (Meneses Benítez, 2002). Un

exemple ben conegut ha estat la forta correlació existent entre les emissions de plom dels vehicles que utilitzaven benzines que contenien aquest element, i els nivells tissulars detectats en la població, en els sòls de conreu i en la vegetació, tots ells corresponents a de la zona del Camp de Tarragona (Schuhmacher i col·ls., 1996). Els metalls no poden ser degradats o destruïts, i poden incorporar-se al cos humà a través de :

- l'aigua, ja sigui per ingesta o per absorció dèrmica durant la dutxa o bany (Bidone i col·ls., 2001; Rodrigues i Formoso, 2005; Lee i col·ls., 2006; US EPA, 2006a). L'aigua pot ser superficial, que prové de rius o embassaments, o bé subterrània, extreta de pous i mines.
- els sistemes aquàtics, els sediments poden actuar, com a font de metalls, ja que no s'uneixen permanentment a aquesta matriu. Poden ser alliberats a la columna d'aigua per canvis en les condicions ambientals com ara el cabal del riu, el pH, el potencial redox, l'oxigen dissolt, o la presència de quelants orgànics.
- els sòls, per ressuspensió de partícules que poden ser també ingerides, inhalades o absorbides per contacte dèrmic amb els metalls (Granero i Domingo, 2002; Nadal i col·ls., 2004c; US EPA, 2006; Mari i col·ls., 2007).
- l'aire, la contaminació atmosfèrica de partícules que contenen metalls, implica una àmplia varietat d'efectes potencialment adversos sobre la salut (US EPA, 2006; Bukowiecki i col·ls., 2007). La creixent necessitat de mobilitat de la societat moderna, ha convertit el trànsit en una de les principals causes de la contaminació atmosfèrica de partícules per combustibles fòssils (Johansson i Johansson, 2003; Al-Khashman, 2004). Les emissions de certes activitats industrials (metal·lúrgia, plantes cimenteres, etc.) són també una font important d'aquests contaminants a l'aire, així com els incendis forestals (Fergusson, 1990; Johansson i Johansson, 2003; Bi i col·ls., 2006).
- els diferents grups d'aliments. Estudis realitzats al Laboratori de Toxicologia i Salut Mediambiental (LTSMA) (Llobet i col·ls., 2003; Bocio i col·ls., 2005a; 2005b; Falco i col·ls., 2006), han demostrat que la dieta és un dels principals factors d'exposició a metalls pesants. El grup dels peixos i mariscos, van ser els que van presentar les concentracions d'As, Cd, Hg i Pb més altes de tots els aliments estudiats (Bocio, 2004). Altres estudis publicats a Austràlia (FSANZ, 2003) o la Xina (Wanga i col·ls., 2005) han revelat que el consum d'aliments contaminats amb metalls, és una via d'exposició important a aquests elements.

Taula 1- Paràmetres ambientals que poden incidir sobre l'especiació i la biodisponibilitat de metalls i metal·loides (Rosas, 2001).

		FACTORS ABIÒTICS	Exemples
FACTORS INHERENTS DEL METALL	Disponibilitat	No crítics : Mn, Al Tòxics i relativament disponibles : As, Be, Co, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Sn, Sb, Zn	
	Estat molecular	Estat d'oxidació, configuració molecular, anió al que estan units	
	Temps residència	Difícil de determinar	
FACTORS FÍSICO-QUÍMICS AMBIENTALS	pH	El canvi de pH modifica les espècies i les pot convertir en més o menys solubles, afavorir l'absorció, la ionització	Cd ²⁺ soluble, Cd(OH) ₂ insoluble
	Potencial redox	Un potencial redox alt afavoreix fenòmens oxidants i això pot afectar a alguns elements, produint la precipitació dels sulfurs o afavorint els processos d'absorció	Fe ³⁺ soluble Fe ₂ S ₃ insoluble Zn ²⁺ soluble ZnS insoluble
	Ions inorgànics	Afavoreixen la formació de compostos més o menys solubles, i d'altres més fàcilment absorbibles.	CO ₃ ²⁻ + Zn ²⁺ = ZnCO ₃ fàcilment absorbible
	Minerals litogènics	La càrrega superficial de determinats materials	Silicats aluminics de les argiles, òxids hidratats, magnesi, alumini,....
	Matèria orgànica	En augmentar, disminueixen els nivells de metalls pesants dissolts ja que es formen partícules col·loïdals	Quelatants orgànics (detergents) i inorgànics (EDTA)
	Temperatura	Afecta a la solubilitat	
	Contingut d'O₂	Afecta a la biota que habita en el medi	
		FACTORS BIÒTICS	
FACTORS DE LA BIOSFERA	Grau de bioassimilació	L'especiació dels metalls pot ser deguda a l'acció de determinats organismes sobre els metalls : soques bacterianes, organismes bentònics, etc.	Hg ₂ ²⁺ bacteris MeHg
	Acció de la biota sobre l'especiació química	Biodegradació dels lligands orgànics, mobilitzant els metalls. Precipitació en forma d'òxid, hidròxid. Canvi de l'estat d'oxidació del metall mitjançant mecanismes de destoxificació dels organismes.	

1.1.3- L'AIRE

L'exposició a metalls es sol associar a les partícules de l'aire que provenen de diferents fonts (Nerriere i col·ls., 2007; Querol i col·ls., 2007b). L'atmosfera, pot estar potencialment contaminada per diversos elements en forma de pols, fums o aerosols, amb freqüència d'origen industrial o procedents de combustions fòssils o de la benzina (Sullivan i Krieger, 2001), o d'activitats industrials relacionades amb l'extracció o el tractament de sòls i ceràmiques (Querol i col·ls., 2004; Querol i col·ls., 2007a). La població sol estar potencialment exposada a aquests contaminants per inhalació d'aire o bé per absorció dèrmica a través de la pell (Schuhmacher i col·ls., 2004; Davydova, 2005; Nerriere i col·ls., 2007).

La vigilància de la qualitat de l'aire es realitza en diferents llocs, mitjançant el control de la presència dels contaminants en diferents punts receptors (nivells d'immissió). Les concentracions d'As, Cd, Ni i Pb són les més estudiades, i per tant les que solen mostrar-se en les bases de dades de la qualitat de l'aire disponibles a Internet. A Espanya, aquestes bases estan només disponibles per algunes comunitats autònomes (Andalusia, Astúries, Canàries, Catalunya, Comunitat Valenciana, Madrid i el País Basc).

Els nivells de metalls en matèria particulada de menys de 10 micres (PM_{10}) sol ser un dels paràmetres més crítics per tal de donar compliment amb al Real Decret 1073/2002 (BOE, 2002). Els estàndards de qualitat de l'aire ambiental inclouen les concentracions de metalls, expressades en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. S'han establert les concentracions d'As, Cd i Ni establertes per la Unió Europea en la Directiva 2004/107/CE (CEE, 2005) i del Pb en el RD 173/2002 (BOE, 2002). L'Organització Mundial de la Salut (OMS) ha establert també uns valors addicionals de qualitat de l'aire pel Mn, Hg, i V. Aquesta guia també estableix uns nivells de seguretat que es poden recomanar pel Ni i el Cr (VI) en aire (OMS, 2005).

1.1.4- ELS SÒLS

El **sòls** són biomonitors de llarg període d'exposició, als compostos químics es mantenen estables en el medi. Els seus metabòlits, s'hi acumulen al llarg del temps, per deposició. Una de les principals avantatges d'analitzar els sòls, enlloc de l'aigua fluvial o l'aigua subterrània, resideix en el fet de que els nivells de contaminació que s'obtenen

permeten establir la variació temporal d'aquesta contaminació. La presència de contaminants, de vegades no pot ser detectada en la columna d'aigua. La pluja pot desplaçar els sòls cap als barrancs i els rius, augmentant la probabilitat de contaminar-los amb partícules que contenen metalls pesants o solubilitzar les sals inorgàniques d'aquests metalls (**Figura 1**). Per tant, tot això pot suposar un risc d'incorporació d'aquests tòxics a l'aigua destinada al rec, al consum animal o humà, i en un futur, als aliments que es cultiven en la conca del diferents rius, rieres i barrancs. Les concentracions actuals de metalls a les mostres de sòls depenen de la quantitat i de la duració de l'exposició, així com de la seva persistència en el temps i les seves característiques de fixació.

De nou, l'activitat humana pot produir una contaminació dels sòls de conreu (**Figura 1**). Les principals fonts acostumen a ser els abocaments que augmenten la concentració de metalls pesants en els sòls regats amb les aigües del riu. Segons la seva forma d'associació, els metalls són susceptibles a la solubilització en les aigües fluvials, durant les diferents modificacions físico-químiques estacionals, com ara durant grans avingudes d'aigua, o durant períodes en què els cabals es troben per sota del nivell ecològic dels sistemes fluvials (US EPA, 1998a). La desoxigenació de les capes més profundes durant l'estiu, pot ocasionar la reducció química dels òxids associats a la fase sòlida, produint així, la disminució de la concentració de Fe i de Mn en els sediments. La reducció d'aquests dos elements pot ocasionar la solubilització de certs metalls absorbits en els sediments, com poden ser el Zn, el Cr i el Ni (Fergusson, 1990).

És important destacar, que la concentració de metalls en els sòls no només depèn de les fonts antropogèniques i litogèniques, sinó també de les característiques texturals, el contingut en matèria orgànica, la composició mineralògica i les deposicions dels sediments. En general, els metalls que es detecten a nivells traça, es troben associats a les partícules més petites dels materials, degut principalment a que l'absorció dels metalls i la seva complexació amb les sals iòniques es produeix en les capes més superficials de la partícula (relació àrea superficial-volum molt major) (Ramos i col·ls., 1999a). Aquest fet podria explicar que les concentracions de metalls que es detecten en punts de presa de mostra molt propers, presentin concentracions d'aquests contaminants molt diferents. Per tant, és necessari que les mostres siguin compostes, és a dir, la suma de diferents mostres individuals. També cal establir el criteri d'estudiar sempre la mateixa fracció de partícules per tal de poder comparar les concentracions de metalls pesants en mostres diferents. L'anàlisi

dels metalls en els sòls de ribera permet revelar la contaminació que possiblement no es detectaria en l'anàlisi de l'aigua, i alhora proporciona informació de les possibles zones més crítiques del sistema aquàtic i terrestre (Villarés, 2003).

1.1.5- ELS SEDIMENTS

La presència d'embassaments o pantans en el curs d'un riu, actua en general com a magatzem de matèria en suspensió i sediments. Les partícules més fines, de vegades en suspensió en l'aigua i els sediments en forma de llims, poden mobilitzar-se i circular lliurement pels rius fins a la seva desembocadura (SedNet, 2004). Els contaminants químics poden adherir-se als **sediments**, immobilitzant-se durant dècades, però els peixos que viuen sobre el fons del riu, les comunitats bentòniques, poden presentar nivells destacables de Hg i d'altres metalls (Kim i col·ls., 2006). És ben conegut i ha estat àmpliament estudiat per molts investigadors, l'efecte de biomagnificació de l'esmentat tipus de contaminants i els processos de bioacumulació en els diferents organismes. Una de les principals avantatges d'analitzar els sediments, i no l'aigua, resideix en el fet que els nivells de contaminació que s'obtenen, permeten establir la variació temporal de la contaminació (Fernandes, 1997). La presència de contaminants, a vegades no es pot detectar a l'aigua, però durant les crescudes que pateix periòdicament un riu pot provocar una mobilització dels sediments i una contaminació del fons amb partícules que contenen metalls o solubilitzar-se les sals inorgàniques d'aquests metalls (SedNet, 2004; Lin i col·ls., 2007). Tots aquests fenòmens comporten un risc d'incorporar els tòxics a l'aigua destinada als conreus i, en el futur, als aliments que es cultiven a la conca. En Xavier Ruiz, zoòleg de la Universitat de Barcelona, va poder comprovar la presència de diversos compostos i elements tòxics (DDT, PCB, metalls pesants), que provenien de fons antropogèniques aigües dalt de la zona del Delta, però que podien acabar arribant fins a la mateixa desembocadura del riu (Ruiz i Llorente, 1991). Aquests contaminants van ser detectats en els ous i teixits de diverses aus que habitaven a la zona del Delta de l'Ebre.

Per altra banda, els sediments poden actuar com a portadors i possibles fonts de contaminació, ja que els metalls pesants no es queden permanentment units a aquesta matriu, i poden ser alliberats a la columna d'aigua per canvis en les condicions ambientals com ara el pH, el potencial redox, l'oxigen dissolt o la presència de quelants orgànics (Rosas, 2001). Les aigües residuals amb sanejaments incomplets, poden introduir certs tipus de contaminants. La composició de determinats detergents, usats tant a nivell industrial

com domèstic que contenen EDTA, un potent quelant de metalls, pot provocar-ne la mobilització a la fracció aquosa (Vidal i col·ls., 2000; Rufo i col·ls., 2007). La presència de certs components que formen part de la formulació de detergents i que actuen com a tensioactius, agents blanquejadors o estabilitzants de la composició participen també participen en la mobilització dels metalls pesants (Gimeno-García i col·ls., 1999).

Els sediments es poden mobilitzar en forma de partícules en suspensió (PS) en les aigües superficials. Aquestes partícules, igualment que els sediments dels quals provenen, tenen orígens molt diversos, com poden ser la geologia, l'orografia, la pendent de la conca del riu, la vegetació o el cabal d'aigua del riu (Gammons i col·ls., 2006). Tots ells poden influir en l'alliberament de partícules a la llera i a la superfície de drenatge del riu. La matèria en suspensió és formada per una gran varietat de compostos, incloent-hi argiles, carbonats, feldespats, quars i una gran part de matèria de tipus orgànic. Els metalls generalment es troben units a òxids o hidròxids de manganès i ferro i a substàncies orgàniques (Navas i Lindhorfer, 2003).

1.1.6- LES AIGÜES SUPERFICIALS I SUBTERRÀNIES

L'OMS defineix la contaminació de les aigües dolces com una alteració de la composició de l'aigua o del seu estat, de manera que ja no reuneixen les condicions inicials d'utilització a les que s'hauria destinat en el seu estat natural (WHO, 2004; Meybeck i col·ls., 2007). Aquesta definició inclou, les modificacions de les propietats físiques, químiques o biològiques de l'aigua, que poden fer perdre-li la seva potabilitat pel consum diari o la seva utilització.

La contaminació de les **aigües superficials i subterrànies**, es produeix normalment per fonts d'origen antropogènic, i rarament d'origen natural (Gammons i col·ls., 2006). Per exemple, la salinització de l'aigua dolça que s'esdevé sovint en zones costaneres, quan s'extreuen grans quantitats d'aigua de pous i aqüífers subterranis. La contaminació per intrusió d'aigua marina es produeix quan es barreja aigua salada del mar amb aigua dolça d'un aqüífer per raó d'una extracció excessiva de l'aigua de l'aqüífer (Causape i col·ls., 2006; Rufo i col·ls., 2007).

Un augment bruscat de la temperatura de l'aigua genera la contaminació tèrmica de les aigües que provoca una disminució de l'oxigen dissolt en l'aigua. Normalment, esdevé per abocaments industrials d'aigua de sistemes de refrigeració. Per altra banda, la presència de certs xenobiòtics en l'aigua subterrània té implicacions considerables per a la salut i l'ambient de les àrees rurals i urbanes (Meybeck i col·ls., 2007; Navarro i Carbonell, 2007). Pot ser deguda a infiltracions dels contaminants per solubilització o lixiviació, per efecte de les pluges, dels abocaments incontrolats de les aigües residuals, les fosses sèptiques, o els abocaments industrials (Vidal i col·ls., 2000; Rufo i col·ls., 2007). Les aigües subterrànies o aqüífers sota àrees urbanes o rurals es poden contaminar, no només amb metalls pesants sinó amb una àmplia varietat de compostos orgànics i altres elements traça, que poden tenir efectes, tant sobre la qualitat de l'aigua destinada al consum humà com sobre el medi (Vidal i col·ls., 2000; Meybeck i col·ls., 2007).

Els metalls són introduïts en els medis aquàtics en forma particulada són ràpidament incorporats a compostos organometàl·lics o estar presents en algunes fases minerals (Munksgaard i Parry, 2001; Holemman i col·ls., 2005). Posteriorment, passen a formar part de la matèria en suspensió en les aigües superficials (PS) que es transporta en la columna d'aigua i finalment són incorporats als sediments. Pels organismes que ingereixen el sediment o la MS com aliment, aquests metalls poden causar greus efectes i, a més, traslladar-se cap als esglaons més alts de la xarxa tròfica via cadena alimentària (Chapman i col·ls., 1998). Els sediments tendeixen a mobilitzar-se en forma de partícules (Munksgaard i Parry, 2001). Aquestes, de forma anàloga als sediments dels quals provenen, poden ser originades per l'erosió dels sòls de ribera transportats al llarg del riu. Així doncs, la geologia, l'orografia, la pendent de la conca del riu, la vegetació, la pluviometria o el cabal d'aigua del riu són factors que determinen la presència i la concentració de les PS.

1.2- DESCRIPCIÓ DE LA ZONA D'ESTUDI

1.2.1- LA CONCA DEL RIU EBRE

La Conca de l'Ebre es situa al quadrant nord-est de la Península Ibèrica i ocupa una superfície total de 85.362 Km², dels quals 445 Km² pertanyen a Andorra, 502 Km² a França i la resta a Espanya. La seva Conca hidrogràfica és la més extensa d'Espanya, representant el 17% del territori peninsular espanyol. El riu Ebre, amb una longitud total de 910 Km, flueix

des de la Serralada Cantàbrica fins el Mediterrani, on desemboca formant un magnífic delta. En el seu recorregut recull les aigües procedents dels Pirineus i la serralada Cantàbrica, pel seu marge esquerra a través d'importants afluents, com són els rius Aragón, Gallego, Cinca i Segre, etc. i pel seu marge dret rep els afluents procedents del Sistema Ibèric, normalment menys cabalosos, com són els rius Oja, Iregua, Jalón o Guadalupe. En total es comptabilitzen prop de 12.000 Km de xarxa fluvial principal, segons les dades de la Confederación Hidrográfica del Ebro (CHE, 2005).

- **Comunitats Autònomes:** Aragón (49.53%), Catalunya (17.58%), Navarra (10.98%), Castella i Lleó (9.64%), La Rioja (5.9%), País Basc (3.21%), Castella la Manxa (1.29%), Comunitat Valenciana (0.97%) i Cantàbria (0.9%).
- **Longitud total de llits:** 12.425 km.
- **Rius principals:** Ebre, Segre, Cinca, Aragón, Gállego, Zadorra.
- **Principals poblacions:** Saragossa, Vitòria, Pamplona, Logronyo, Lleida, Osca, Miranda, Tudela i Tortosa.
- **Nombre d'embassaments:** La conca posseeix 225 embassaments, 132 d'ells amb una capacitat superior a un hectòmetre cúbic.
- **Nombre de transvasaments:** 8.

A la Conca del riu Ebre viuen aproximadament uns 2.800.000 habitants, el que suposa una densitat de 33 hab/Km², molt inferior a la mitjana espanyola de l'any 2004 (uns 79 hab/Km²). Gairebé la meitat de la població es concentra a Saragossa, Vitòria, Logronyo, Pamplona, Osca i Lleida. Caldria destacar, que hi ha una menor concentració de població en les franges finals, ja en terres catalanes.

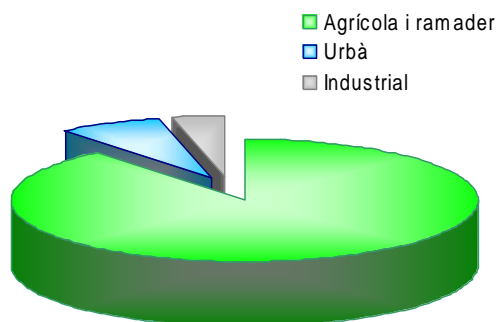


Figura 2- Ús de l'aigua a la Conca de l'Ebre (CHE, 2005).

A Catalunya, la Conca va en direcció nord-est i sud-est, amb uns 250 Km de llarg i uns 40 d'amplada. El Delta, és una formació dinàmica la qual, tant des del punt de vista hidrogràfic com geològic, ha patit variacions importants en las diferents dècades, degut principalment a les actuacions de l'home, per les construccions de les diferents preses i embassaments i de la pròpia naturalesa. El consum d'aigua subterrània en la conca ascendeix a 338 hm³, fruit de les 8.918 captacions autoritzades. El consum urbà s'alimenta en gran mesura dels embassaments, i suposa una despesa de 506 hm³/any, inclosos els usos consumits transvasats a altres conques (**Figura 2**). El consum industrial no connectat a xarxes de distribució ascendeix a 250 hm³/any. La CHE comptabilitza en la seva demarcació 800.000 hectàrees de regadius que consumeixen a l'any 6.310 hm³ d'aigua (CHE, 2007).

1.2.2- DESCRIPCIÓ DE LA ZONA D'ESTUDI

Intentar realitzar un estudi en una zona tant extensa, i avaluar-ne el grau de contaminació de les aigües, dels sòls de conreu i dels sediments de tota la conca és un objectiu molt difícil de realitzar. Per tant, per tal d'efectuar un estudi de la qualitat de la Conca, l'àrea a monitoritzar ha d'acotar-se, i s'ha reduït des de l'embassament de Riba-Roja d'Ebre, situat a la frontera de les províncies de Terol i Tarragona, fins la desembocadura del riu Ebre al mar Mediterrani, incloent les conques del riu Montsant i Siurana (**Figura 3**).

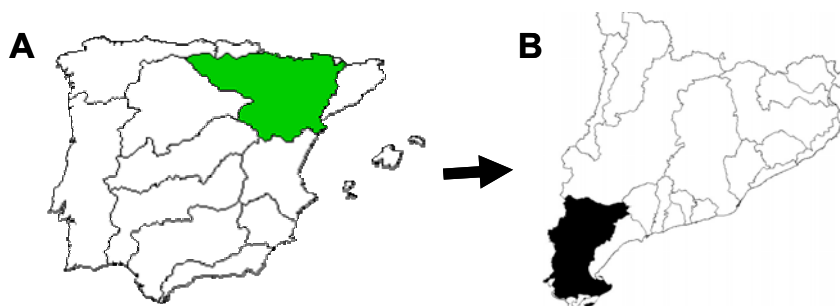


Figura 3- A: Conca de l'Ebre i B: Conca Catalana del riu Ebre del present estudi.

1.2.2.1- La conca catalana del riu Ebre

La conca catalana del riu Ebre ha adquirit gran interès en les últimes dècades, degut a l'increment de la població, al creixent grau d'industrialització i al creixement del sector primari, tant de l'agricultura com de la ramaderia (**Figura 4**). L'agricultura és una de les grans bases econòmiques de la zona, amb un renaixement del sector vinícola a la zona del

Priorat i la Terra Alta, amb un ressorgiment dels conreus d'ametllers i oliveres i un augment en la producció d'arròs, a la zona del Delta, la qual representa prop del 98% de la producció d'aquest cereal a Catalunya. Actualment, segons les dades subministrades pel Departament d'Agricultura i Ramaderia a les Terres de l'Ebre (DARP, 2004), la superfície agrícola dedicada als cultius hortícoles (tomàquets, carxofes, etc.), arbres fruiters (pressequers, pomeres, pereres) i de cítrics en la part central de la conca, concentra la majoria de les hectàrees a la zona de ribera. Aquests conreus són regats amb l'aigua del riu Ebre, i la gran majoria d'ells pertanyen a les Comunitats de Regnats dels canals del Marge Esquerra i Dret del riu. La superfície regada per tots dos canals és de 27.900 hectàrees (Ha), unes 15.200 en el marge dret i prop de 12.700 en el marge esquerra. Els productes elaborats són consumits posteriorment a tot l'Estat Espanyol i exportats a molts altres països de la Unió Europea, segons dades subministrades pel Departament d'Agricultura i Ramaderia a les Terres de l'Ebre (2004).

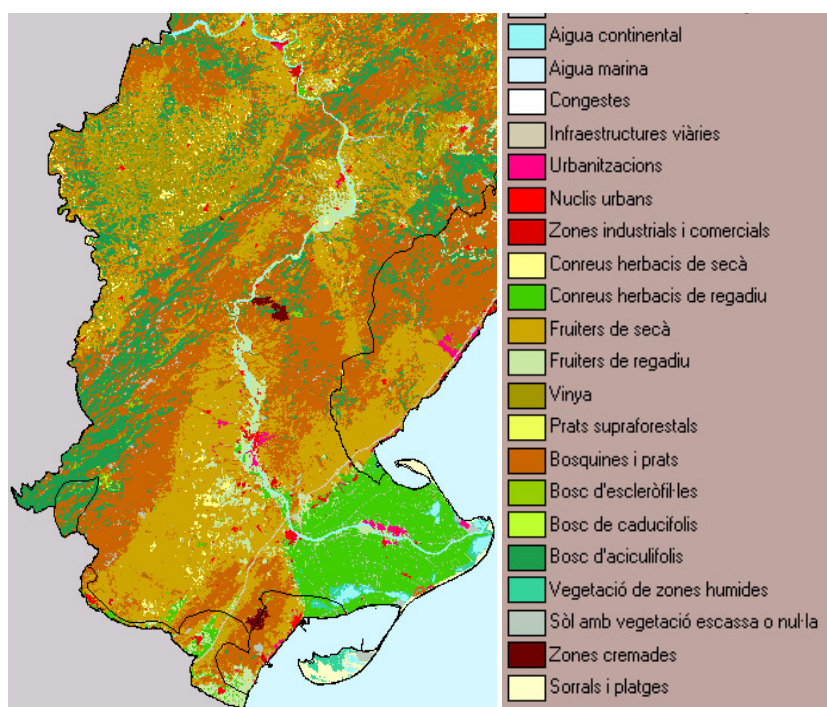


Figura 4- Usos del sòl (Miramon 1997).

L'agricultura intensiva practicada al llarg de tota la zona d'influència de les conques, pot considerar-se com a possible font difusa de contaminació per metalls pesant del riu i la seva conca. Però no ha de considerar-se com la única font de contaminació (CHE, 1998). A les Terres de l'Ebre, segons les dades subministrades pel DARP Terres de l'Ebre (2004), hi ha un total de 293 granges registrades, on es crien i s'engreixen molts tipus de bestiar

(porcí, oví, boví, aviram i vacú). La contaminació generada per aquest sector és molt complexa i difícil de caracteritzar. Els residus procedents d'aquestes explotacions, junt amb les pràctiques de ramaderia extensiva que es practiquen a la zona, es converteixen també en fonts difuses de diversos grups de contaminants (CHE, 2005).

Si l'agricultura i la ramaderia constitueixen les principals "fonts de contaminació difosa" de les aigües, la vegetació de ribera, dels sediments, biota i dels sòls de conreu, l'excés de nutrients, la presència d'agents patògens, fertilitzants i plaguicides, és un fenomen cada vegada més acusat que es manifesta, especialment en un augment de la concentració de nitrats en les aigües superficials i subterrànies generant una disminució de la seva qualitat i arribant fins hi tot a generar processos d'eutrofització en embassaments i llacs. Molts dels contaminants, a través de les diferents fonts, tant naturals com antropogèniques, poden ser arrossegats per les aigües superficials i els sediments i ser transportats per rieres, barrancs i rierols cap al riu Ebre (**Figura 5**).



Figura 5- Principals afluentaments del riu Ebre (Miramón, 2003).

Les demandes d'aigua del riu Ebre per a la producció d'energia elèctrica, en l'embassament de Riba-roja i Flix comporten un ús important dels recursos hídrics (CHE, 2005a). La refrigeració dels grups nuclears d'Ascó suposen també una demanda de prop de 72 m³/s que es retorna al riu gairebé en la seva totalitat. Finalment els diferents canals de la conca extreuen també aigua del riu per regar els camps de conreu de gran part de la conca (CHE, 2003).

1.2.2.2- El Delta de l'Ebre

El Delta de l'Ebre és una formació, la dinàmica del qual tant des del punt de vista hidrogràfic com geomorfològic, ha anat variant al llarg dels anys degut a les actuacions realitzades per l'home. El desenvolupament i l'evolució de la superfície del Delta també estan condicionats per les activitats humanes i naturals (Causape i col·ls., 2006). L'agricultura és una de les grans bases econòmiques, on predomina evidentment el conreu de l'arròs, que representa prop del 98% de la producció del cultiu d'aquest cereal a Catalunya. L'economia és reforçada també per l'activitat pesquera, amb ports tant importants com els de Sant Carles de la Ràpita, l'Ampolla, les Cases d'Alcanar o l'Ametlla. Es produeixen prop de 9.000 tones anuals de peix i marisc (prop del 15% del total de la producció a Catalunya). L'activitat pesquera es troba directament lligada al riu Ebre, degut a que un major transport de la matèria orgànica en el riu afavoreix el creixement de les espècies de la base de la cadena tròfica, augmentant-ne la seva producció (Poch, 2001). La pesca, juntament amb la cria de musclos, representa també un paper important en l'economia de la zona (Mañosa i col·ls., 2001). D'aquí la necessitat de garantir que les aigües que arriben a les badies siguin les adequades pel que fa als nivells de contaminació o capacitat d'eutrofització.

Les dues badies que es troben a banda i banda del Delta, la dels Alfacs i la de la Punta de la Banya, representen ecosistemes on l'aigua dolça (procedent principalment de l'afluència dels conreus d'arròs) es barreja amb l'aigua salobre del mar. El llenguado, el lluç, el salmó, el rap, el grúmol, els musclos, els llagostins, la sèpia, la cigala o el cargol de mar, en són alguns dels exemples més importants de peix i marisc que podem trobar als mercats catalans i que provenen de les costes del Delta (Fasola i Ruiz, 1996). En aquesta zona també podem trobar-hi activitat ramadera, amb caps de bestiar porcins, bovins, ovins i fins hi tot també es crien i engreixen aus.

La indústria s'ha desenvolupat poc, a excepció evidentment de la relacionada amb l'agricultura. La caça i la pesca havien estat sempre un gran atractiu turístic al Delta, però actualment, la font principal de turisme no és d'aquest tipus sinó pel seu atractiu paisatgístic, la seva flora i la seva fauna (Guitart i col·ls., 1998). És important destacar que el Delta de l'Ebre s'extén al llarg de gairebé 8.000 hectàrees de canals, llacunes i dunes arenoses. La vegetació és una altra de les riqueses del Delta, com també ho és la gran quantitat d'aus, amb prop de 100.000 exemplars distribuïts en més de 300 espècies, cosa que representa

gairebé el 60% de las espècies europees. Tot aquest conjunt fa que també es converteixi en una gran zona d'interès científic (Mañosa i col·ls., 2001).

El 20% de la superfície es manté com a àrees naturals, majoritàriament al llarg de la costa, formada per platges arenoses, llacunes, aigua dolça, pantans salobres, canyars i associacions d'hàbitats incloses en zones humides costeres (*Parc Natural del Delta de l'Ebre*, 2003). L'any 1983, la Generalitat de Catalunya va decretar la franja costanera (7.736 Ha) com a Parc Natural del Delta de l'Ebre. L'any 1992, aquest fou inclòs dins els espais PEIN (zones específiques d'interès natural), elevant a 11.530 Ha el total protegit. La combinació de Parc Natural i PEIN féu que la Generalitat el proposés com a Lloc d'Importància Comunitària (LIC), passant a formar part de la xarxa d'àrees protegides Natura 2000 de la Unió Europea (segons la directiva d'Hàbitats 92/43/EEC). El Parc comprèn des de les Reserves de la Fauna de l'Illa de Buda, les Llacunes, Els Calaixos, la Punta del Fangar i Llacuna de la Tancada, les reserves Naturals de la Illa de Sapinya i la Punta de la Banya. Ens trobem davant de 18 tipus d'hàbitats naturals d'interès comunitari, incloent-hi 2 hàbitats d'alta prioritat: les llacunes costaneres i els pantans calcaris (Mañosa i col·ls., 2001).

L'ecosistema deltàic realitza la funció de purificació de l'aigua, representant així un dels ecosistemes més productius en una àrea molt extensa. El Delta és conegut per la seva gran biodiversitat. La comunitat vegetal s'eleva a 515 espècies, essent 8 d'elles d'importància internacional. La riquesa de la fauna també és excepcional, posant especial èmfasi en 69 espècies vertebrades, la majoria d'elles aus (Fasola i Ruiz, 1996; Mañosa i col·ls., 2001). Les més destacades són: l'agró blanc, el capó reial, el bitó, el martinet ros i el flamenc, a les quals s'uneixen desenes de milers d'ànecs i ocells limícols (Mateo i col·ls., 1998). La colònia de gavines d'Audouin, compta amb més de 4.000 parelles, cosa que la converteix en la major colònia coneguda en tot el món d'aquesta espècie. El Delta de l'Ebre ha estat declarat doncs com a Zona d'Especial Protecció per a les Aus i ha estat introduït en el llistat de Zones Humides d'Importància Internacional o Conveni Ramsar.

1.2.2.3- El Priorat

El Priorat és una comarca a cavall entre el Camp de Tarragona i les Terres de l'Ebre, que limita amb les comarques del Baix Camp, la Ribera d'Ebre, les Garrigues i la Conca de Barberà. La població resident a la comarca, l'any 2005, segons l'Institut d'Estadística de

Catalunya era de 9.665 habitants, amb una superfície total de 498,6 Km², i amb una densitat de població de 19.4 hab./Km².

La comarca està situada entre la Serra de Montsant, al nord, i el conjunt format per la Mola de Colldejou, la Serra de Llaberia i la Serra de Santa Marina, al sud. És una comarca de clima continental, sec i calorós a l'estiu i fred a l'hivern. El Montsant és un espai d'una especial singularitat geològica i paisatgística que acull destacats valors naturals, propis de les serres prelitorals i que encara conserva un baix grau d'artificialització. El Montsant i el seu entorn té un important patrimoni arqueològic, arquitectònic i etnogràfic. El riu que neix a l'altiplà de Prades porta el seu mateix nom i travessa la part nord del Parc del Montsant (**Figura 6**).

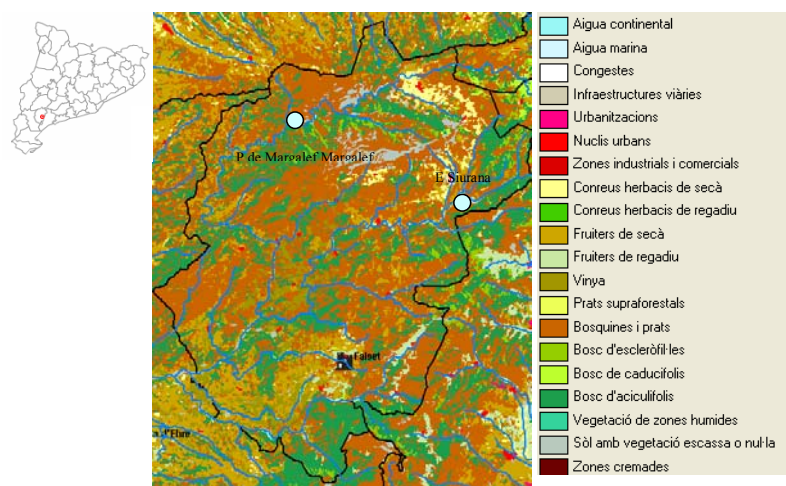


Figura 6- Usos del sòl a la Comarca del Priorat (Miramon, Generalitat de Catalunya, 2002).

A la vall del riu Montsant es cultiven tant oliveres, ametllers com vinya en una orografia complexa. Un bon grapat de barrancs esquerps vessen les aigües al riu Montsant, el qual més avall i ja fora del parc aporta les seves aigües al riu Siurana al terme municipal de Bellmunt del Priorat. El riu Siurana és un afluent de la marge esquerra de l'Ebre. Neix a les Muntanyes de Prades, alimenta el Pantà de Siurana al terme de Cornudella de Montsant i travessa el Priorat històric abans de desembocar a l'Ebre a l'alçada de Garcia (**Figures 5 i 6**). El riu Cortiella neix al terme municipal d'Alforja i corre transversalment per les muntanyes de la serra del Molló, de llevant a ponent pel mig del terme municipal de Porrera fins a desembocar al riu Siurana. Pràcticament tot el terme municipal de Porrera està format per

llicorella paleozòica, coberta abans de vinya, molt reduïda d'ençà de l'aparició de la fil·loxera.

El vi ha tingut històricament una gran importància al Priorat. Les característiques del sòl i del clima donen al vi unes qualitats molt diferenciadores i específiques. Al sector central de la comarca, conegut com a "Priorat històric", s'hi cultiva la vinya. El vi que en surt, de la Denominació d'Origen Qualificada Priorat (DQO), és dels més prestigiosos del món. Els pobles que no són DOQ Priorat (Falset, Marçà, Capçanes, etc.) produeixen vi de la Denominació d'Origen Montsant. La comarca del Priorat és una de les zones de producció de l'oli amb denominació d'origen "Siurana". Aquest oli ha de produir-se amb la varietat d'oliva arbequina i s'hi admet una petita quantitat de rojal i de morruda. D'altra banda, el conreu de fruita dolça (préssec i cirera) comença a tenir certa importància. El Priorat té una superfície de 19.783 hectàrees, de les quals unes 1.700 estan plantades amb vinya (**Figures 5**).

El Priorat va perdre molta població durant el segle XX. Amb tot, modernament es percep una certa recuperació demogràfica aquest últims anys, vinculada a la recuperació econòmica de la comarca, i que es concentra principalment a la zona nord i sud de la comarca. Els rius Cortiella, Montsant i Siurana, amb els seus corresponents embassaments i pantans, formen part del reservori natural, tant d'aigües superficials com subterrànies de la comarca del Priorat. La CHE és l'organisme encarregat de la supervisió i la concessió dels permisos d'ús agrícola i ramader de l'aigua, mentre que l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) ho és de la xarxa d'abastament municipal. Cap dels dos organismes ha realitzat estudis de metalls pesants en aigües superficials o subterrànies en tota la comarca Prioratina. Tampoc s'han publicat estudis de metalls pesants en els sòls de conreu de la comarca o en la zona de ribera de les conques dels rius Cortiella, Montsant i Siurana.

1.3- FONTS DE METALLS

Independentment dels nivells de metalls presents a la naturalesa, deguts principalment a la geomorfologia dels terrenys, l'activitat humana i concretament els processos agrícoles, ramaders i industrials, són sens dubte, les fonts més grans d'exposició

ambiental a metalls pesants. Per tant, els ecosistemes en general, incloent la població, poden estar exposats a aquests tipus de metalls pesants, considerats com contaminants ambientals (**Figura 1**) (Meneses i col·ls., 1999; Rosas, 2001; Meneses i col·ls., 2002).

1.3.1- ELS SÒLS I LA HIDROGEOLOGIA

La incorporació dels metalls al cicle hidrològic, pot procedir de diferents fonts. Les fonts d'origen litogènic o geoquímic, a partir dels minerals, per causes naturals com poden ser l'erosió provocada pel vent i la pluja, la descomposició de les roques, etc. Així, els sediments i conglomerats calcaris terciaris: pissarres paleozoiques, carboníferes i llicorelles, són formades bàsicament per compostos de sílice (SiO_2), de carbonat càlcic (CaCO_3) i sulfats de calci (CaSO_4), que retenen amb certa facilitat els metalls i també es descomponen per l'acció mecànica del vent i l'aigua (Navas i Lindhorfer, 2003; Martinez i col·ls., 2006). Els metalls que es detecten en els diferents compartiments ambientals són probablement deguts a la seva presència natural en l'escorça terrestre. Per exemple, els sòls que provenen de roques metamòrfiques bàsiques i ultrabàsiques (amfibolites, serpentines o granulites) presenten alts continguts en elements metàl·lics com per exemple el Cr, Ni, Cu i Mn (Dawson i Macklin, 1998; Navas i Lindhorfer, 2003; Ouyang i col·ls., 2006a) (**Taula 2**). Aquests metalls es mantenen units a les roques en formes molt estables i difícilment assimilables pels organismes.

Per diferents causes, l'erosió del vent i la pluja o moviment de sòls poden ser alliberats (**Figura 1**). Aquest procés sol donar-se de manera natural, dipositant-se en els sòls de conreu o bé solubilitzant-se en les aigües superficials i/o subterrànies. Depenent de les seves formes químiques i la seva concentració, poden arribar a suposar un risc, tant per a la població com pels ecosistemes (Samecka-Cymerman i Kempers, 2003; Pruvot i col·ls., 2006).

De les dades de la **Taula 2** es desprèn que un element com l'As multiplica el seu contingut per 13 al passar d'una roca sedimentària (calcita) a una metamòrfica com un esquist, en el que es produeix una forta concentració d'aquest metal·loid. Elements com el Cr i el Cu, incrementen el seu contingut en més de vint vegades, en passar d'una roca ígnia àcida com el granit, a una bàsica com el basalt. El cas és fins i tot més significatiu quan es tracta del Ni. Mentre que amb el Pb succeeix tot el contrari, és més abundant en les roques

àcides que en les bàsiques. Tot això es tradueix en el seu contingut en els sòls, que es desenvolupen sobre aquest tipus de materials. Per això existeix una gran variabilitat en el contingut de diversos metalls en diferents sòls.

Taula 2- Concentracions de metalls en sòls, expressades en mg/kg (FAO, 2003).

Element	Granit	Basalt	Esquist	Caliça	Arenisca	Sòls
Al	77000.0	88000.0	88000.0	90000.0	43000.0	71000.0
As	1.50	1.50	13.00	1.00	1.00	6.00
Ba						
Be						
Cd	0.09	0.13	0.22	0.03	0.05	0.35
Co	1.00	35.00	19.00	0.10	0.30	8.00
Cr	4.00	90.00	90.00	11.00	35.00	70.00
Cu	13.00	90.00	39.00	5.50	30.00	30.00
Fe	27000.0	56000.0	48000.0	17000.0	29000.0	40000.0
Hg	0.08	0.01	0.01	0.18	0.29	0.06
Mn	400.0	1500.0	850.0	620.0	460.0	1000.0
Mo	2.00	1.00	2.60	0,16	0.20	1.20
Ni	0.50	150.00	68.00	7.00	9.00	50.00
Pb	24.00	3.00	23.00	5.70	10.00	35.00
Se	0.05	0.05	0.50	0,03	0.01	0.40
Sn	3.50	1.00	6.00	0.50	0.50	4.00
Tl						
V						
Zn	52.00	100.0	120.0	20.00	30.00	90.00

Cal considerar el que es coneix com nivell geoquímic d'un element determinat, abans de parlar de contaminació antropogènica del sòl (Navas i Lindhorfer, 2003). Només s'hauria de parlar de contaminació per metalls pesants en els sòls, quan el seu contingut excedeix considerablement els valors habituals en el tipus de sòls que s'està considerant. Aquestes anomalies geoquímiques poden arribar a valors que suposen un greu perill per a les plantes i animals que habiten en aquets sòls, i pels consumidors de la vegetació que s'inicia en els herbívors (Navas i Machín, 2002).

A pH àcids dels sòls i sediments, els elements metàl·lics que contenen, poden mobilitzar-se, tendint a acumular-se a les capes més superficials, que són justament les biològicament més actives, convertint-los en elements més accessibles pels vegetals (Luster i col·ls., 2006; Rodriguez Martin i col·ls., 2006). Poden, per exemple, ser solubilitzats dels

sediments cap a les aigües del riu (**Figura 1**). És important destacar que les roques ígnies àcides, com per exemple el granit i les roques sedimentàries (arenisques o les roques calcàries), i els sediments i sòls que en deriven, contenen grans quantitats de metalls.

Els percentatges més alts corresponen al Cr, Mn i Ni, mentre que el Co, Cu, Zn i Pb es presenten en menors quantitats. Finalment els mínims continguts corresponen a l'As, Cd i Hg (Cruse i Lyons, 2004). El mapa hidrogeològic de la conca catalana del riu Ebre és molt complexe (**Figures 7 i 8**). A prop de la localitat de Flix, en la unitat dels Ports de Besseit, és d'origen Terciari, format per conglomerats, arenas, feldspats, pedres calcàries, pissarres (Navas i Lindhorfer, 2003).

Aquests tipus de roques estan formades bàsicament per compostos de sílice (SiO_2), de carbonat càlcic (CaCO_3) i sulfats de calci (CaSO_4), que retenen amb certa facilitat els metalls (CHE, 1998). La serralada del Montsant, és constituïda per sediments i conglomerats calcaris terciaris, pissarres paleozoiques, carboníferes i llicorelles. Es descomponen per l'acció mecànica del vent i l'aigua. Tots ells, poden acabar generant un tipus de sòls molt diferenciats en la conca, alguns més rics en pissarra, argiles i granits en descomposició, típics de la zona de Flix o Garcia, i d'altres com els terrenys de conreu d'arròs del Delta de l'Ebre, amb major quantitat de graves, llims o argiles al·luvials. A la comarca del Priorat, els sòls són més rics en pissarres, argiles i granits en descomposició, típics de la zona del Priorat antic, i d'altres com els terrenys de conreu de la DO Montsant, on els sòls són més pobres, d'origen quaternari i formats per molta pedra, grava i pissarra (CHE, 2006).

1.3.2- L'AGRICULTURA

L'**agricultura** implica l'ús de forma perllongada de fertilitzants i plaguicides que contenen metalls pesants, bé com a principis actius o bé com a impureses (Zn, As, Cd i Pb) (Gimeno-García i col·ls., 1999). Aquest fet podria arribar a incrementar els seus nivells en el sòls destinats al conreu. En el cas de la conca central del riu Ebre i del Delta de l'Ebre, els diferents sistemes de rec i la inundació dels camps pot afavorir també aquest procés. Degut a les pràctiques agrícoles, el moviment dels sòls ha fet aflorar antigues capes de sòls i ha alterat greument els nivells piezomètrics dels terrenys (Isidoro i col·ls., 2006; Rodriguez Martin i col·ls., 2006). S'ha afavorit l'erosió dels sòls i juntament amb l'efecte de la pluja i del vent, la mobilització dels metalls procedents tant dels sòls, com dels plaguicides i fertilitzants cap als barrancs i els rius afluents de l'Ebre (Causape i col·ls., 2006).

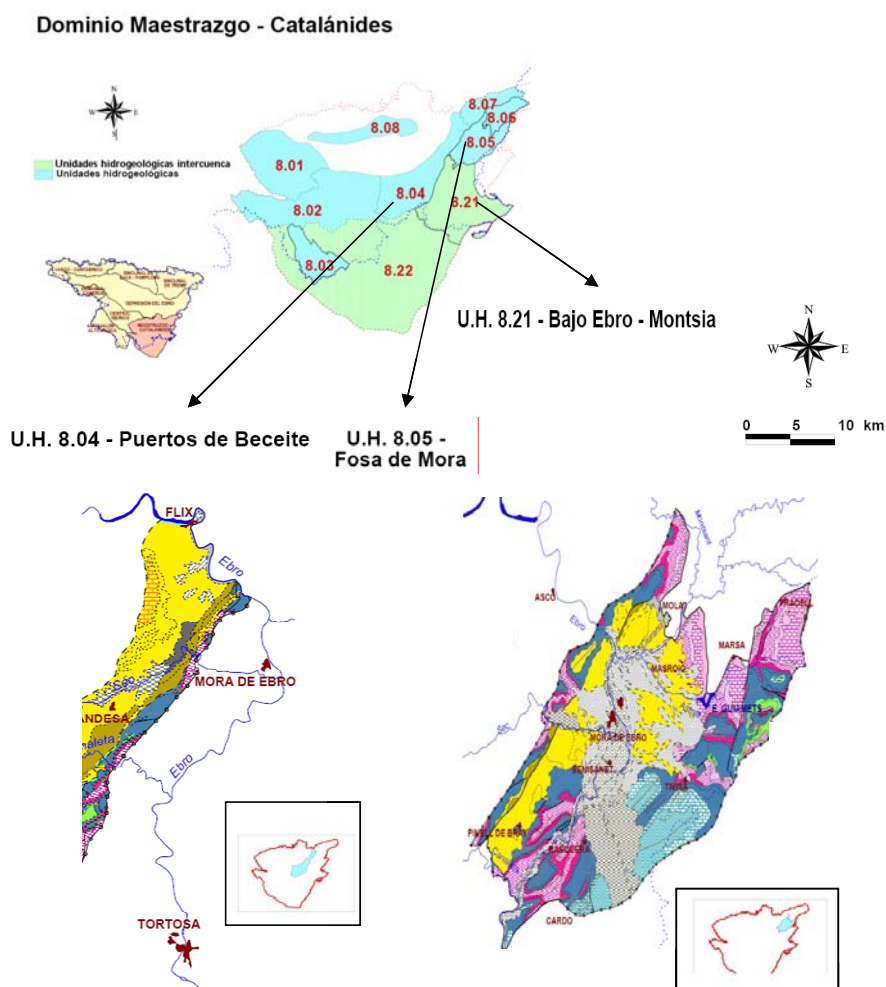


Figura 7- Hidrogeologia del Domini Ibèric Maestrazgo – Catalánides. Ports de Besseit i Fossa de Móra (CHE, 2006).

Els metalls s'acumulen en el sòls de conreu i poden, tot i que hagin transcorregut períodes de temps llarg després de la seva aplicació com a impureses de fertilitzants, ser absorbits per les plantes o ser desplaçats en períodes de pluges intenses cap a barrancs o rius (Gimeno-García i col·ls., 1999; Gil i col·ls., 2004; Ekosse i col·ls., 2006) (**Figura 9**). Segons les dades subministrades per les diferents denominacions d'origen de la conca catalana del riu Ebre (DQO Priorat, DO Montsant, DOQ Arròs del Delta), els productes fitosanitaris autoritzats (admesos en el Registre Únic Europeu i la Guia de Productes Fitosanitaris del Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca) inclouen l'ús de plaguicides

inorgànics. Aquests insecticides fluorats o solucions de sulfat cúpric són molt comuns en l'agricultura de la zona.

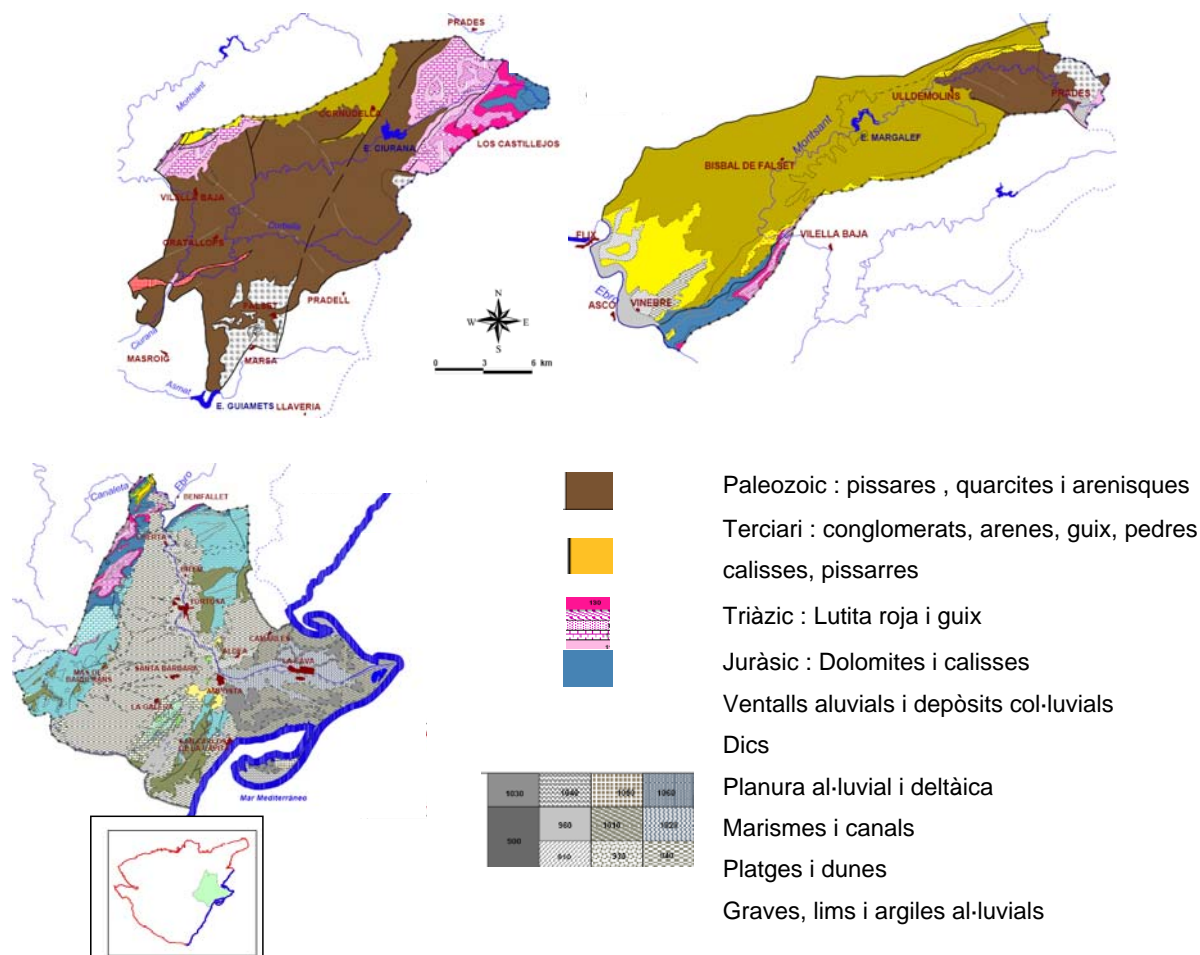


Figura 8- Hidrogeologia del Domini Ibèric Maestrazgo – Catalánides. Vall riu Siurana (esquerra) i Vall del riu Montsant (dreta); Baix Ebre i Montsià. (CHE, 2006).

És important destacar que fins a finals de l'any 2002, es permetia l'ús d'insecticides arsenicals, però que actualment s'ha prohibit la seva utilització, a causa que els compostos que contenen arsènic són molt tòxics. Van ser utilitzats indiscriminadament i de manera prolongada des dels anys 60. Els compostos arsenicals s'acumulen en el sòls de conreu i poden, malgrat que faci molts anys de la seva aplicació, ser absorbits per les plantes o ser desplaçats en períodes de pluges intenses cap a barrancs o rius, o contaminar els aqüífers per filtracions (Rodríguez Martín i col·ls., 2006). Entre els insecticides arsenicals es destaquen: arseniat de plom, arseniat càlcic, arseniat bàsic de coure, i verd de París (metaarseniat i acetat cúpric). És important realçar que els compostos arsenicals inorgànics

poden ser molt tòxics per l'home quan són utilitzats de manera prolongada en els conreus. Per exemple, a la zona de Bangla Desh (Índia) s'han produït intoxicacions arsenicals degudes a la contaminació dels aqüífers per aquest metall pesant, que a més és cancerigen (Al Rmalli i col·ls., 2005). Altres productes d'ampli espectre utilitzats són els fungicides inorgànics, com el conegut Caldo Bordolès, que es prepara a partir d'una suspensió de calç en aigua en una solució de sulfat cúpric. Altres fitotòxics són l'aigua celeste (sulfat cúpric i hidròxid cúpric) o bé els fungicides mercurials, àmpliament utilitzats en l'agricultura ecològica (DARP, 2002).

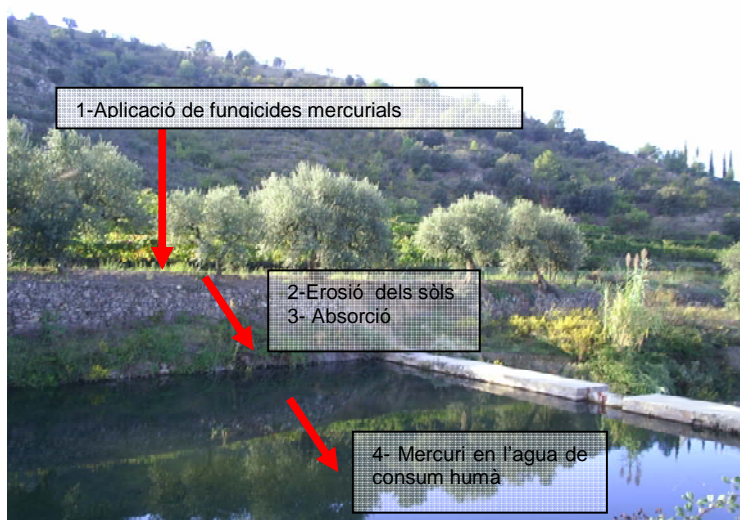


Figura 9- Fonts de metalls a la conca de l'Ebre deguts a l'agricultura (DARP, 2002).

1.3.3- LA RAMADERIA

A la Conca catalana del riu Ebre, actualment, i segons dades subministrades pel Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca de la Generalitat de Catalunya, hi ha més de 1000 explotacions ramaderes (**Figura 10**), amb gairebé 3,000,000 de caps de bestiar porcí, oví, boví i aviar. La contaminació de sòls amb dejeccions ramaderes per aplicació directa en els sòls com a fertilitzants suposa una potencial transferència d'aquests contaminants cap a les aigües fluvials, subterrànies i les plantes (Lacalle Pareja i col·ls., 2003). En molts dels casos, l'ús de purins (origen porcí) i gallinassa (d'origen aviar), té una justificació basada en el manteniment o increment de la producció, però en molts d'altres l'ús indiscriminat pot portar a una acumulació en el medi amb efectes perjudicials per als éssers vius (Franco i col·ls., 2006; Margui i col·ls., 2007).

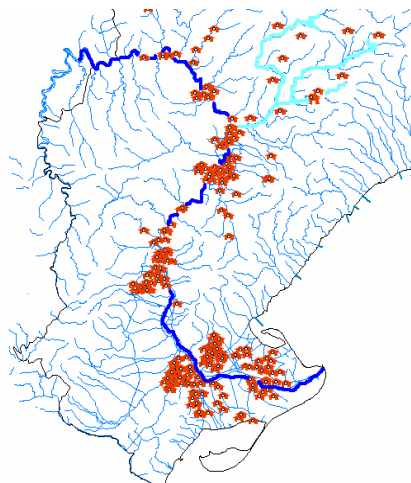


Figura 10- Granges de la conca catalana del riu Ebre (blau fosc) i els seus afluents (blau clar)- Dades cedides pel DARP de les Terres de l'Ebre .

En l'Annex 5 de l'Ordre del 28 de Maig de 1998 sobre fertilitzants i afins, es van establir els materials amb valor fertilitzant aportats al sòl, de manera que no continguessin concentracions de metalls pesants superiors als criteris establerts i presentats a la **Taula 3** (BOE, 1998). Els que tenen un major interès ambiental, en presentar concentracions altes en dejeccions ramaderes són: l'As, Cr, Cd, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb i el Se. Alguns d'aquests metalls pesants o metal·loids són essencials, a baixes concentracions, per al creixement de les plantes, com és el cas del Cu, Zn, Mo i Ni.

Taula 3- Concentracions màximes de metalls en fertilitzants dels sòls, expressades en mg/kg de matèria seca (BOE, 1998).

Element	Concentració mg/kg
Cd	3.00
Cu	450.0
Ni	120.0
Pb	150.0
Zn	1100.0
Hg	5.00
Cr	400.0

1.3.4- ELS GESTORS DE RESIDUS

Els **abocadors municipals (Figura 11)**, actualment clausurats, van ser utilitzats per dipositar els residus sòlids urbans durant dècades. Aquests encara contenen metalls,

principalment a la fracció inorgànica. La major part es mantenen inerts durant els processos de combustió i passen a formar part de les cendres (Schuhmacher i col·ls., 1999). Aquells que no s'incineren, sinó que són dipositats i coberts amb sòls, poden contenir Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, i Zn, degut sobretot, a residus metàl·lics domèstics (piles, pintures, termòmetres, llaunes, etc.) i poden contaminar els aqüífers subterranis i les aigües superficials per solubilització a l'aigua o per lixiviació (Meneses Benítez, 2002).

A la conca catalana del riu Ebre existeixen altres fonts de metalls que poden provenir de gestors de residus industrials, gestors de residus municipals o ramaders. Audry i col·laboradors (Lot-Garonne, França) (Audry i col·ls., 2004b) les mines d'Aznalcollar (riu Guadiamar, Parc Natural de Doñana) Cabrera i col·laboradors (Cabrera i col·ls., 1999) i Nagel i col·laboradors (2003), són clars exemples de que la presència de gestors de residus ha de ser considerada com una potencial font de metalls.

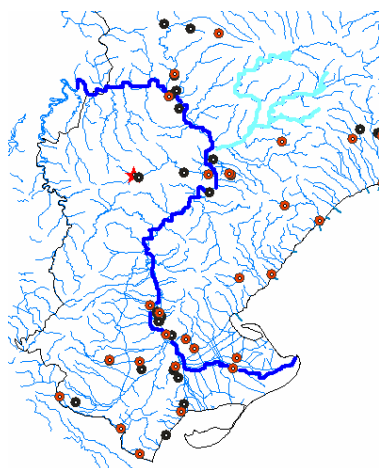


Figura 11- Gestors de residus municipals (vermell), industrials (negre) i ramaders (estrella vermella) de la conca catalana del riu Ebre (blau fosc) i els seus afluents (blau clar) (Miramon, 2007).

1.3.5- LES EDARs

Les **estacions depuradores d'aigües residuals** (EDARs), utilitzen sistemes de depuració de les aigües residuals urbanes. Aquests consisteixen en una sèrie de procediments que intenten retornar a l'aigua, una vegada utilitzada per a diferents usos, amb unes característiques físiques, químiques i biològiques molt semblants al seu estat natural, o almenys amb unes característiques que facin possible que el receptor i els seus

mecanismes d'autodepuració recuperen aquest estat natural (**Figura 12**) (Atauri Mezquida i col·ls., 2005).



Figura 12- EDARs a la conca catalana del riu Ebre (blau fosc) i els seus afluents (blau clar)- Miramon 2007.

Per exemple, alguns contaminants, com els associats als abocaments d'aigües residuals d'origen urbà o els procedents de les fonts fluvials àcides, entren en el sistema fluvial en forma de col·loïds i ràpidament es converteixen en partícules sòlides a causa dels processos de floculació que ocorren en els rius a causa de canvis bruscos entre la química de les seves aigües i la font de metalls. Les aigües residuals poden tenir diversos orígens: domèstic, agrícola, industrial i d'escorriment. Aquestes aigües contenen tot tipus de contaminants :

- Les **aigües residuals** domèstiques provenen de cases, escoles, hospitals, etc. Contenen sobretot contaminants orgànics (orina, femta, restes de menjar, etc.) i també poden contenir microorganismes patògens procedents de persones malaltes i d'altres éssers vius. També contenen productes de neteja, olis i restes de pintures (Navarro i Carbonell, 2007).
- Les **aigües residuals agrícoles** poden contenir fertilitzants i pesticides que provenen de l'aigua de reg.
- Les **aigües residuals d'origen industrial** poden contenir productes que no es descomponen, per exemple plàstics o llaunes, i substàncies tòxiques. Alguns dels tòxics inorgànics presents a les aigües residuals industrials són: l'As, el cianur, el Cr, el Pb i el Cd (Navarro i Carbonell, 2007).

- Les **aigües d'escorriment** circulen pels carrers i teulades quan plou. Poden arrossegar tota mena de materials.

El tractament terciari de les aigües residuals, que suposa processos de decantació terciària i tractaments específics depèn dels productes químics existents a l'aigua residual. Té com finalitat eliminar determinats contaminants específics que romanen després del tractament secundari, com són els metalls pesants, els nutrients, isòtops radioactius, etc. Per realitzar aquest tipus de tractament, s'utilitzen diversos mètodes específics (intercanvi iònic, ultrafiltració, osmosi inversa, etc.) que són molt cars, i que no s'han implantat en les EDARs de la conca catalana del riu Ebre.

1.3.6- LES MINES

L'**activitat minera** (Riberoja i Bellmunt del Priorat) que es va donar a les comarques tarragonines, des de principi de segle XX, i que actualment ha finalitzat per la clausura de les diferents explotacions mineres, fa que les seves ubicacions, sempre pròximes als rius, les converteixen també en possibles fonts antropogèniques de metalls pesants (**Figura 13**).

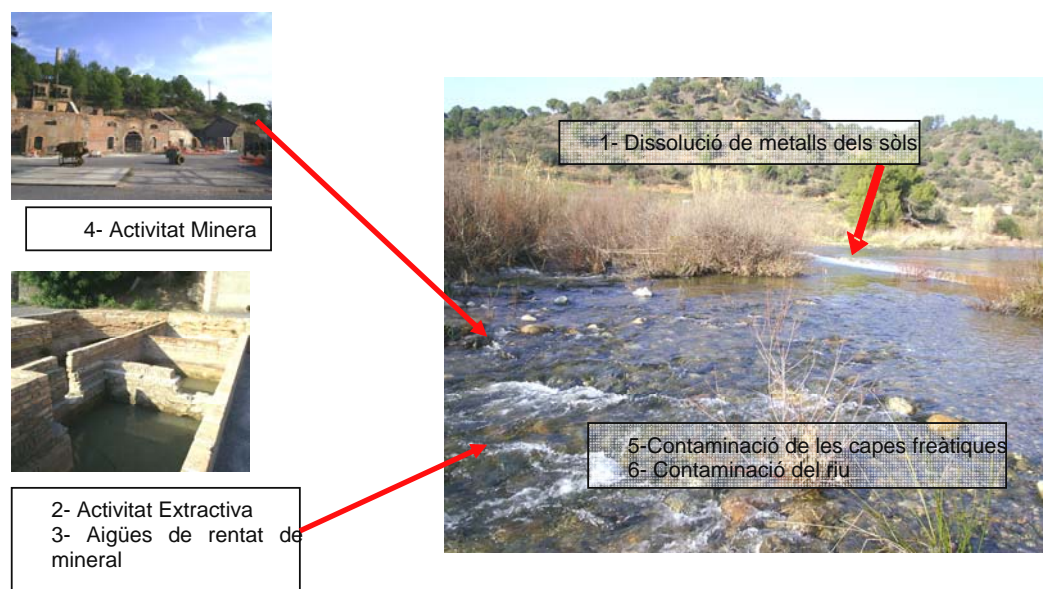


Figura 13- Fonts de metalls a la conca de l'Ebre deguts les activitats extractives de les mines de plom.

És possible que encara es produeixin canvis en el balanç d'aigua dels rius, ja que la infiltració deguda a la modificació dels sòls i la vegetació, ha augmentat la capacitat erosiva del terreny, convertint-la en un possible focus de contaminació, tant per les aigües superficials del riu, com dels aqüífers de la zona (Lee i col·ls., 2005). L'activitat minera indueix a la salinització i la alcalinització dels terrenys. Quan es modifiquen les condicions de pH dels sòls i de les aigües, s'afavoreix en molts casos la solubilització i la mobilització dels elements de caràcter metàl·lic. Per tant, es poden generar espècies iòniques que són altament tòxiques per als organismes aquàtics o terrestres : Al^{+3} , Fe^{+2} ; Mn^{+2} ; Pb^{+2} ; Cu^{+2} i Zn^{+2} (Audry i col·ls., 2004a).

1.3.7- LES INDÚSTRIES

Les fonts industrials, independentment dels nivells de metalls d'origen geoquímic, són sens dubte, la font més gran d'exposició ambiental als metalls pesants. Un exemple són les indústries com ara les refineries de petroli, les plantes de tractament de residus, les incineradores, les plantes de tractament de piles o les indústries de producció de fertilitzants (Meneses Benítez, 2002; Nadal i col·ls., 2004c; Schuhmacher i col·ls., 2004). Activitats industrials com l'obtenció de clor (Flix) o la generació de pastes de paper (Tortosa) o de productes fitosanitaris (Deltebre), han suposat uns abocaments incontrolats (metalls pesants, compostos organoclorats i organofosforats, hidrocarburs aromàtics, etc.) durant molts anys, provocant nivells de contaminació elevats, no tan sols de les aigües sinó també de tot l'ecosistema en general.

1.4- CASOS RECENTS DE CONTAMINACIÓ DEL RIU EBRE

El desembre del 2001, una intoxicació aguda de mercuri va ser més que probable la causa de la mort de prop de 4.000 peixos trobats en el riu Ebre a Ascó (Tarragona, Catalunya). El Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya amb la col·laboració del CSIC va constatar la presència de derivats de mercuri, clor i hidrocarburs en les aigües analitzades. Les mostres van ser preses dos dies després de la mort dels peixos, i revelaven la presència de 7.70 μg de mercuri per litre d'aigua, unes set vegades superior al valor recomanat per l'OMS com a màxim admissible a l'aigua destinada al consum humà.

A inicis del mes de setembre de l'any 2004, va sortir a la llum pública un estudi dut a terme per investigadors del CSIC i la Universitat Autònoma de Barcelona. Aquest estudi era un encàrrec de l'ACA, que pretenia avaluar l'estat ambiental del riu Ebre entre el pantà de Flix i la desembocadura del riu Ebre (CSI i col·ls., 2004). S'estimava que d'entre les 60 a 70 tones de metalls dipositades en els sediments, 15 podrien ser de Hg. Aquests residus s'haurien dipositat al pantà de Flix en la producció de fosfat bicàlcic per usos agrícoles, fabricats per Erkimia a les seves instal·lacions de Flix. Aquesta activitat no va estar sotmesa als controls necessaris, degut a que no va existir una normativa mediambiental clara, fins a mitjans dels anys noranta del passat segle. El mineral de fosforita utilitzat en la fàbrica, conté com a impuresa l'urani 238, la radioactivitat del qual és una de les seves característiques químiques naturals més destacable. La problemàtica amb la que s'enfronten ara les diferents autoritats competents, és justament que el tractament industrial ha concentrat i emmagatzemat l'urani i altres elements radioactius, i aquests han estat abocats de manera incontrolada, fins arribar a constituir un gran problema mediambiental, de difícil tractament. Les conclusions de l'estudi van revelar, que després d'anys d'abocaments directament al riu, milers de tones de residus tòxics, es calculen de l'ordre de 200.000 a 360.000, s'han anat acumulant, en forma de sediments i fangs al pantà de Flix. Aquests residus procedien de la fàbrica Erkimia, del grup Ecros S.A, situada en la riba dreta del riu Ebre i que ja havia estat acusada del l'abocament de l'any 2001 (**Figura 14**).

Els contaminants químics poden adherir-se als sediments, immobilitzant-se durant dècades, però els peixos que viuen sobre el fons del riu, les comunitats bentòniques, poden presentar nivells destacables de mercuri i d'altres metalls pesants (Mañosa i col·ls., 2001). És conegut i ha estat àmpliament estudiat per molts investigadors, l'efecte de biomagnificació d'aquest tipus de contaminants i els processos de bioacumulació en els diferents organismes. Una de las principals avantatges d'analitzar els sediments i no l'aigua, resideix en el fet de que els nivells de contaminació que s'obtenen permeten establir la variació temporal de la contaminació (Villarés, 2003). La presència de contaminants, no es pot detectar de vegades en l'aigua, però durant les crescudes que pateix periòdicament el riu Ebre, pot provocar una mobilització dels sediments i una contaminació de la llera amb partícules que contenen metalls pesants o solubilitzar les sals inorgàniques d'aquests metalls pesants (Ramos i col·ls., 1999b). Tots aquests fenòmens comporten un risc d'incorporar els tòxics a l'aigua destinada al rec i, en posteriorment, als aliments que es cultiven en la Conca de l'Ebre.



Figura 14- Fonts de metalls a la conca de l'Ebre deguts a les activitats industrials a Flix.

L'ACA de la Generalitat de Catalunya, juntament amb la CHE i el Ministerio de Medio Ambiente van concloure al 2005, que les concentracions de metalls, i especialment el Hg i el Cd, presentaven nivells que indicaven contaminació significativa en els sediments al llarg del riu, procedents de Flix. El Pb i el Zn presentaven, aigües avall del pantà, nivells alts clarament indicatius de contaminació dels sediments. Aquests episodis semblaven denotar problemes locals i no reflectien transport d'aportacions d'aquests metalls provinents d'aigües dalt com per exemple de l'embassament de Flix (ACA, 2005).

1.5- AVALUACIÓ DEL RISC PER A LA POBLACIÓ DE LA CONCA CATALANA DEL RIU EBRE

1.5.1- ETAPES DE L'AVAUACIÓ DEL RISC

L'anàlisi del risc és una tècnica multidisciplinària que utilitza conceptes desenvolupats en diverses ciències en les quals s'inclouen: la toxicologia, l'epidemiologia, l'enginyeria, la psicologia, la higiene industrial, la seguretat ocupacional, la seguretat industrial i l'avaluació de l'impacte ambiental entre molts d'altres. Serveix per a:

- Identificar i avaluar els problemes ambientals i de salut produïts per la realització d'activitats perilloses i/o de la utilització de substàncies tòxiques.
- Comparar tecnologies noves i tradicionals que s'usen en la determinació de la efectivitat dels diferents controls i tècniques de mitigació dissenyades per reduir riscos.
- Localitzar instal·lacions potencialment perilloses.
- Seleccionar les prioritats, entre les possibles alternatives d'acció per establir seqüències d'execució d'accions correctives i/o d'elaboració de reglaments ambientals.

Els termes **risc** i **perill** s'han de diferenciar degut a que moltes vegades pot existir una lleu confusió entre tots dos. El **risc**, Risk segons metodologia proposada per la Unió Europea (*Technical Guide for Risk Assessment*) (UE Commission, 2006), és la possibilitat de patir un dany per l'exposició a un perill. Quan situem el terme en l'avaluació del risc, es pot definir com la probabilitat de que alguna substància causi un dany, combinant-lo amb la severitat potencial d'aquest. En canvi, quan s'intenta definir el **perill** (Hazard), s'ha de considerar com una font de risc que no implica necessàriament el potencial de que es doni (UE Commission, 2006). Un perill representa un risc només si existeix una via d'exposició i si aquesta exposició pot generar la possibilitat de que es donin efectes adversos per a la salut.

L'avaluació del risc es refereix a la tècnica per determinar la naturalesa i la magnitud del risc. El terme anàlisi de risc s'ha usat freqüentment com un sinònim d'avaluació de riscos. Ha d'interpretar-se que a més de l'avaluació, l'anàlisi inclou els mètodes per fer un millor ús dels resultat de l'avaluació (Meneses Benítez, 2002). D'entre els principals usos de

l'avaluació del risc, les tècniques d'anàlisis es poden aplicar a un ampli rang de situacions de risc per la salut i el mediambient, alguns exemples són els que es llisten a continuació:

- La introducció o el descobriment d'una substància en l'ambient.
- Contaminació de l'aire, tant en espais interiors com en l'ambient exterior.
- Disposició de residus perillosos (Meneses Benítez, 2002).
- Presència de substàncies perilloses en la cadena alimentària (Bocio, 2004).
- Instal·lacions que manegen o creen substàncies tòxiques.
- L'exposició ocupacional a una substància o radiació (Agramunt Gràcia, 2002).

El procés d'anàlisis de riscos es sol definir com un procés que inclou quatre fases interrelacionades :

1- Identificació del Perill : En aquesta fase es tracta de determinar si existeix un perill. S'ha de recórrer a la toxicologia, la qual fa ús d'estudis epidemiològics, estudis *in vivo* en models animals, proves realitzades *in vitro* utilitzant cultiu de cèl·lules i de teixits, així com estudis d'estructura/activitat.

2- Avaluació del risc : Aquesta fase té com a fita estimar la severitat i probabilitat que es produeixi un dany per a la salut humana i l'ambient per una activitat o exposició a una substància, que sota circumstàncies és probable que pugui causar dany a la salut humana o a l'ambient. S'usen quatre tècniques, encara que diferents, estan molt relacionades: avaluació de la font/mecanisme d'emissió, avaluació de l'exposició, avaluació de dosis/resposta i caracterització del risc.

3- Determinació de la significància del risc : Aquesta fase intenta resoldre la qüestió de quin nivell de risc és tolerable. Es compta amb diverses tècniques, com són: l'anàlisi de cost/benefici, l'anàlisi de decisions o els sistemes experts. Com en el cas de l'avaluació de riscos aquestes tècniques proporcionen un millor coneixement del fenomen però també augmenten l'incertesa associada a aquest càlcul. De totes maneres la decisió de considerar un risc com acceptable acostuma a generar discussions en el camp científic. Ja que no és fàcil declarar un risc com acceptable.

4- Comunicació del risc: En aquesta fase s'intercanvia informació per tal d'establir els

nivells de riscos per a la salut o l'ambient, la importància d'aquests riscos, tipus de decisions, accions per controlar o minimitzar els riscos.

1.5.2- EXPOSICIÓ A METALLS

L'objectiu fonamental de l'avaluació del risc per metalls és l'estimació dels efectes que tenen sobre la salut degut a la seva presència en el medi ambient (US EPA, 1999; EC, 2003). Per determinar el risc intrínsec associat, cal determinar la relació entre la dosi, a la qual cada individu de manera individual pot resultar exposat i que pot predir-se, i la resposta o efectes adversos sobre la salut que presumptament puguin ocórrer a partir de l'exposició (US EPA, 2001; EC, 2003). Per calcular els nivells d'exposició de la població, es consideren les diferents vies característiques en aquests tipus de situacions a partir dels diferents compartiments ambientals (Hawley, 1985; Sexton i col·ls., 1995; US EPA, 2001). L'última fase del procés d'estimació del risc és la caracterització del mateix. Els resultats de l'avaluació de l'exposició i dels efectes, es combinen per estimar si existeix un risc per a la salut a partir de l'exposició estimada per a cada una de les substàncies presents en el medi. Les vies d'exposició ambientals que es contemplen són:

1.5.2.1 - Exposició a metalls de l'aigua de consum : A partir de les concentracions de metalls a l'aigua de consum, s'avaluen les dosis estimades, per tots i cadascun dels metalls estudiats, a partir de la ingesta i absorció dèrmica d'aquests contaminants a l'aigua, seguint diferents metodologies àmpliament descrites en la literatura científica (US EPA, 1992; 2001; 2003; 2005; Bidone i col·ls., 2001; WHO, 2004; Lee i col·ls., 2005a; 2005b; Rodrigues i Formoso, 2005).

1.5.2.2 - Exposició ambiental a partir dels sòls: Per estimar els riscos derivats de l'exposició per ingesta, absorció dèrmica i inhalació de partícules que provenen dels sòls, es calculen les dosis estimades d'exposició per a les diferents vies. La metodologia que ha estat aplicada prové de la utilitzada pel grup d'investigació del Laboratori de Toxicologia i Salut Mediambiental de la Universitat Rovira i Virgili (Granero i Domingo, 2002; Nadal i col·ls., 2004c; Nadal i col·ls., 2005a; Ferré-Huguet i col·ls., en premsa).

1.5.2.3 - Exposició a metalls de l'aire: La metodologia utilitzada és una modificació de les expressions aplicades en la inhalació de partícules de sòls, en la qual, si no es disposa de dades de les concentracions de metalls en aire, s'assumeix que pot existir una resuspensió

de les partícules de sòls del 50 % (36,40). L'exposició per inhalació es calcula assumint que els individus poden estar exposats a la pol·lució aèria 24 hores al dia, i que l'exposició d'aire "indoor", de l'interior de les cases i llocs de treball o escoles, és igual a l'exposició "outdoor" o a l'aire lliure (Granero i Domingo, 2002; De Miguel i col·ls., 2007).

1.5.2.4- Introducció de la variabilitat de l'exposició ambiental: Una vegada concloua la fase d'elaboració de determinar les concentracions de metalls en els diferents compartiments ambientals, es portarà a terme l'anàlisi del risc probabilístic pròpiament dita, la qual aportarà més dades respecte al potencial risc cancerigen i no-cancerigen per a la població de la zona.

1.6- AVALUACIÓ DEL RISC PER L'ECOSISTEMA

L'avaluació dels risc ecològic (ERA) requereix, no només la determinació de tòxics ambientals mitjançant l'anàlisi química, la detecció i quantificació, sinó que també es nodreix de l'avaluació dels possibles efectes i les distribucions d'aquests contaminants en el medi (Chapman i col·ls., 2003; Chandra Sekhar i col·ls., 2005). S'ha fet evident, en els darrers anys, l'absoluta necessitat d'acudir als paràmetres biològics per tal de monitoritzar la pol·lució, de determinar el seu potencial tòxic i, en definitiva, avaluar-ne el risc ecotoxicològic, per tal de determinar els efectes a nivell de poblacions i ecosistemes (Ollé Aguilera, 2006). ERA és un procés científic d'identificació i avaluació de la probabilitat de què efectes adversos ecològics puguin esdevenir com a resultat de l'exposició a determinats xenobiòtics, de vegades biològicament actius i difícilment degradables en l'ambient, com són els metalls pesants i els metal·loides. La investigació recent ha confirmat les limitacions de l'acostament tradicional de l'ERA, quan està aplicada als metalls i als semimetalls o metal·loides, i s'ha fet un esforç considerable d'identificar adaptacions possibles a la metodologia que faria més favorable a aquesta classe ubíqua de contaminants (CNTC, 2004).

Existeixen diferències importants entre l'avaluació del risc per la població (HRA) i l'ecosistema (ERA). Mentre que HRA es refereix només a una espècie i a la protecció de tots els individus d'aquesta espècie, l'ERA es refereix a moltes espècies. A excepció de l'espècie amenaçada, l'objectiu de l'ERA és la protecció no només d'individus, sinó de poblacions i comunitats. Cal protegir sempre les espècies més sensibles, però de vegades,

cal permetre un cert nivell de dany als individus, sense que això afecti a les poblacions i/o a les comunitats (Campbell i col·ls., 2006). L'ERA forma part d'un procés més complex que l'anàlisi de risc. Aquest està format per tres fases consecutives:

- l'avaluació de risc ambiental
- la gestió del risc: és el procés d'identificar, avaluar, seleccionar i implementar les accions de reducció del risc.
- la comunicació del risc.

En les últimes dècades l'avaluació de risc ambiental s'ha convertit en una eina per poder prendre decisions en les etapes següents i serveix com a base de la gestió del risc. L'avaluació del risc ambiental consta de les següents fases:

1.6.1- Formulació del problema: en aquesta primera etapa s'ha de definir el problema, les metes i els paràmetres a usar. S'ha de resumir tota la informació disponible i descriure el medi, identificant els receptors (Campbell i col·ls., 2006).

1.6.2- Avaluació de l'exposició i dels efectes ecològics (avaluació de la dosis-resposta): s'estima la relació entre la concentració d'un contaminant i la resposta (efecte) de l'ecosistema afectat. Aquest valor és usat per relacionar el contaminant amb la resposta biològica. El tipus de dades emprades són dades de camp, dades de proves de toxicitat, observacions i dades de la literatura científica. A partir d'aquesta relació s'estableix el valor de concentració que actuï com a llindar, per sota del qual es pugui afirmar que no existeixin possibles efectes adversos per diferents espècies de l'ecosistema.

1.6.1- FORMULACIÓ DEL PROBLEMA

La presència de certs xenobiòtics, representa un grau d'estrès freqüentment inacceptable per als organismes vius, que té la seva traducció a nivell de les poblacions i dels ecosistemes. Hi ha diferents raons per les quals s'ha de considerar la seva presència en els sistemes fluvials, els metalls no són eliminats en processos naturals dels ecosistemes aquàtics ja que es poden bioacumular (Chapman i col·ls., 2003). La biodisponibilitat dels metalls es fortament específica i controlada pel tipus d'organismes i per la forma dels compostos metàl·lics i si les seves formes són o no disponibles per ser assimilades. La seva activitat tòxica, bé sigui directament o indirectament, a través de la interferència amb

l'equilibri de les comunitats naturals, pot arribar a representar fins i tot, en determinades circumstàncies, un risc rellevant per a les poblacions humanes. Els metalls també poden dipositar-se sobre les superfícies, ja sigui de la matèria particulada o bé dels sediments o la biota, que contenen alta càrrega orgànica (Kominkova i Benesova, 2004a).

La majoria dels metalls tenen tendència a acumular-se en els sediments, per tant és d'esperar que en siguin una font important i que per tant, la seva concentració sigui avaluada i estudiada com a possible font de risc per l'ecosistema que els conté (Sadiq i col·ls., 2003; Chandra Sekhar i col·ls., 2005). Per altra banda pot existir una distribució des de la matèria particulada a l'aigua i viceversa (Pekey i col·ls., 2004). La unió dels metalls a la fase particulada és un procés de tipus natural que depèn de molts dels factors, entre ells és important destacar l'oxigen dissolt, la temperatura, el pH i la presència de microorganismes (Sadiq i col·ls., 2003). Existeixen altres components que poden intervenir en l'intercanvi dels metalls entre ambdues fases, tot i que les anteriors són les més importants (Carbonell i col·ls., 2000).

Conèixer el fraccionament d'una substància entre dues matrius o fases en contacte és molt important, perquè la quantitat de matèria particulada de l'aigua sovint indica la quantitat de substàncies nocives presents en el medi (Kominkova i Benesova, 2004b). Els elements perillosos són freqüentment transportats, en fase dissolta o bé units a les formes particulades. Aquestes formes depenen del tipus de substància i de les condicions ambientals del medi on són transportades. Per exemple, cada corrent d'un riu transporta diferents quantitats de partícules en suspensió, les quals o bé es mantenen en suspensió per efectes del cabal del riu o bé es dipositen en les sediments (Ramos i col·ls., 1999a; Pekey i col·ls., 2004; Ouyang i col·ls., 2006b).

Els invertebrats bentònics són el grup d'espècies diana que s'estudiaran, ja que normalment són utilitzats en l'avaluació ecològica del risc sobre els sistemes aquàtics (Kominkova i Benesova, 2004a; Pekey i col·ls., 2004). Una via d'exposició primària per aquests organismes acostuma a ser els aliments que consumeixen (Chapman i col·ls., 2003; Chandra Sekhar i col·ls., 2005). Viuen en el fons de la llera del riu, i en la majoria dels casos s'alimenten de plàncton que pot estar contaminat amb metalls pesants. Les deposicions d'aquests metalls units a fases particulades sovint com un dipòsit de contaminants i per tant aquests invertebrats ingereixen de forma indiscriminades les partícules dels sediments mentre fondegen (Fergusson, 1990).

Les concentracions en la biota o les plantes aquàtiques són sovint utilitzades en l'avaluació dels risc ecològic (Samecka-Cymerman i Kempers, 2004). Els macròfits aquàtics, *Potamogeton pectinatus* i *Myriophyllum spicatum*, s'utilitzen com a biomonitors ja que creixen en l'aigua superficial que rep les descàrregues de contaminants, ja que troben directament exposats a metalls i metal·loides de l'aigua superficial. La biodisponibilitat dels metalls, pot estar influenciada per les condicions dels contaminants, que inclouen variables com poden ser el pH, la presència d'àcids o de sulfurs disponibles per complexar-se amb els metalls bivalents com poden ser el Cu o el Zn. Aquests metalls són oligoelements i per tant la seva concentració en biota i sediments és molt alta, i tot i la seva toxicitat, els organismes els bioacumulen, sense que aquests arribin a ser tòxics a no ser que es superin els límits establerts per Suter i col·laboradors (Suter i Tsao, 1996; Chapman i col·ls., 1998; Suter i col·ls., 2003).

1.6.2- AVALUACIÓ DE L'EXPOSICIÓ

Les concentracions de contaminants en la biota es poden quantificar utilitzant gran varietat de mètodes, que provenen de models i processos complexos que aquí es simplificaran en factors d'acumulació. Un mètode per estimar la quantitat de contaminant en la biota és l'ús dels factors d'acumulació (**accumulation factors, AF**). Els AFs consisteixen en un quocient que es calcula a partir de la contaminació en la biota respecte a la concentració del medi, en el cas de l'estudi actual, els sediments i l'aigua fluvial (Kominkova i Benesova, 2004a; Loredo i col·ls., 2006).

Per l'avaluació dels sediments, normalment es presenta com a factor d'acumulació entre la biota i els sediments (**biota-sediment accumulation factor, BSAF**). Aquests mètodes són àmpliament utilitzats en l'avaluació del risc ecològic, perquè les concentracions en el mediambient (aigua i sediments), es poden obtenir amb certa facilitat, i les dades del medi són necessàries, tant per a caracteritzar el punt on es pren la mostra, com l'avaluació del risc per la salut humana que es troba àmpliament relacionada amb l'avaluació del risc sobre l'ecosistema (Loredo i col·ls., 2006).

Les concentracions de contaminants en els sediments són necessàries per tal d'avaluar la transferència a través de la xarxa tròfica i establir la toxicitat potencial dels contaminants en els sediments. La fracció biodisponible pot ser mesurada directament relacionant les concentracions dels invertebrats bentònics o bé estimant-los. La mesura

directa és la més recomanada, ja que les dades són reals, però com ja s'ha comentat en molts casos, no es disposa de dades suficients i cal realitzar estimacions, caracteritzant la incertesa associada a aquesta estimació (Kominkova i Benesova, 2004b). S'utilitzen metodologies alternatives d'avaluació del risc ecològic utilitzant diferents criteris.

1.7- TOXICOLOGIA DELS METALLS

1.7.1- PRINCIPIS GENERALS

Existeixen elements metàl·lics en tots els organismes vius, en els que desenvolupen papers molt diversos: poden comportar-se com a elements estructurals, estabilitzadors d'estructures biològiques, activadors enzimàtics i components de sistemes redox. Per això, alguns metalls són elements essencials de funcions biològiques, però si es presenten en excés, tots es converteixen en elements tòxics (Lee i col·ls., 2005). En la naturalesa, els elements metàl·lics es troben en diverses formes d'oxidació: compostos inorgànics convencionals, com les sals iòniques simples, complexos metàl·lics o compostos de coordinació i compostos organometàl·lics. Els àtoms que formen els compostos metàl·lics poden estar units per enllaços iònics, covalents i per enllaços que posseeixen un caràcter intermedi. Quan es dissolen en aigua, molts compostos metàl·lics es dissocien en ions, comportant-se sovint com cations, encara que, en ocasions, poden ser oxoanions. Poden formar també compostos amb altres metalls (Goel, 2006).

L'exposició dels éssers humans als elements metàl·lics, així com la contaminació de l'ambient, es deu a factors naturals, com pot ser l'erosió dels dipòsits de minerals metàl·lics de la superfície terrestre. Existeixen però altres factors derivats de les activitats humanes com són la mineria, foneries, combustió del petroli i dels seus múltiples derivats, i aplicacions industrials dels metalls (Kominkova i Benesova, 2004a; Miller i col·ls., 2004; Lee i col·ls., 2005). L'ús industrial i comercial dels metalls continua creixent amb rapidesa: es troben noves aplicacions a metalls menys familiars, com els metalls de transició; s'usen amb profusió catalitzadors (Loredo i col·ls., 2006), en la seva majoria de caràcter metàl·lic; la indústria plàstica utilitza compostos metàl·lics com estabilitzadors de la temperatura; el xapat o la producció de lubricants requereixen també l'ús de compostos metàl·lics (US EPA, 2004c). Per tot això, augmenta considerablement la descàrrega de metalls al medi. Entre

totes elles, varia només la distància que puguin recórrer des del seu origen, que de vegades és considerable, tant per aire com per aigua o per sòls (Wang i col·ls., 2006).

En el moment actual, la informació disponible sobre la toxicitat dels metalls en l'espècie humana prové de la sanitat industrial o dels accidents o grans intoxicacions. Existeixen uns 20 metalls que provoquen quadres tòxics ben definits en l'home; els més estudiats són els causats pel plom (Pb), mercuri (Hg), arsènic (As), cadmi (Cd) i manganès (Mn). Altres amb toxicitat definida són els que es citen a continuació: l'antimoni (Sb) i el cobalt (Co), compostos organometàl·lics de l'estany (Sn), el molibdè (Mo), l'alumini (Al) o bari (Ba).

Des del punt de vista de la toxicologia ambiental, els elements que causen major preocupació són el Cd, el Pb, el Hg i l'As, a causa de l'abundància i extensió de la seva presència i a la seva capacitat d'incorporar-se a amplis sectors de població. Els metalls no pateixen processos de metabolització o desintegració. Una vegada absorbits resten en l'organisme fins a ser excretats; de la mateixa manera, resulta molt difícil eliminar-los de l'ambient. Per això molts d'ells posseeixen una semivida biològica molt llarga i tendeixen a acumular-se en l'organisme al llarg de la vida (Ferrer, 2003).

La toxicitat dels metalls és proporcional a la facilitat que aquests poden ser absorbits pels éssers vius. Per exemple, un metall dissolt en forma iònica, pot ser absorbit amb més facilitat a través de l'aigua, que no pas si es troba en la seva forma elemental, normalment poc soluble en aquest medi (Campbell i col·ls., 2006). D'altra banda, si aquest metall es troba en la seva forma iònica més reduïda, pot augmentar les possibilitats de ser oxidat a l'interior dels organismes, i que això afavoreixi la retenció en els diferents òrgans (Clements i col·ls., 2002). No totes les espècies tenen la mateixa afinitat pels metalls pesants, ni mecanismes de detoxificació o d'eliminació prou eficients com per excretar els metalls (Critto i col·ls., 2005) .

Els metalls pesants i els metal·loides són un grup d'elements que tenen un paper important en els organismes, en ser part fonamental de les seves funcions fisiològiques (Lee i col·ls., 2005). Poden també actuar com potents tòxics tant pels éssers humans com per l'ecosistema, segons quins siguin les seves vies d'exposició, la dosi absorbida, la naturalesa química del metall, i un llarg etcètera (Llobet i col·ls., 2003; Rodrigues i Formoso, 2005). D'entre els metalls, alguns són oligoelements imprescindibles pel manteniment dels sistemes

bioquímics dels éssers vius (Miller i col·ls., 2004; Bengtsson i col·ls., 2006). Tots ells, i sempre en funció dels nivells als quals es detectin, poden arribar a ser tòxics i/o cancerígens (Boffetta i Nyberg, 2003).

Les principals vies d'exposició als metalls són la respiratòria, la digestiva i, en menor grau, la dèrmica. Des del punt de vista d'exposició ocupacional, la via més important és la inhalatòria. A més, l'aire pol·lucionat afecta al sòl i a l'aigua, amb el que contamina també els cultius i aliments d'origen animal que després seran ingerits. La inhalació del tabac és també una font important de contaminació, ja que el fum conté Cd, Ni, As i Pb (Baron i col·ls., 2006).

Com a regla general, el primer efecte biològic d'un metall sorgeix en un òrgan determinat, que és específic per a aquest metall i en circumstàncies específiques. Perquè aparegui l'esmentat efecte cal que el metall arribi a certa concentració en les cèl·lules d'aquest òrgan. La concentració crítica cel·lular s'ha definit com la concentració de metall a la qual apareixen canvis funcionals lesius, siguin reversibles o irreversibles. La concentració crítica en un òrgan és la concentració mitjana acumulada en un òrgan, capaç d'afectar un nombre prou gran de les seves cèl·lules més sensibles. Com és evident, aquestes concentracions crítiques poden variar d'un individu a un altre, en funció de les seves diferències biològiques de sensibilitat. És útil també el terme òrgan crític, que en el passat designava a l'òrgan que era afectat més greument, però que en l'actualitat serveix per identificar a l'òrgan que primer alcança una concentració crítica en unes circumstàncies determinades d'exposició i per a una població determinada. D'aquesta manera, el terme adquireix un valor clarament preventiu, ja que, al detectar el començament d'una intoxicació, es converteix en alarma per prevenir efectes més greus (Ferrer, 2003).

1.7.2- L' ALUMINI (Al)

L'**Al** és el metall més abundant en l'escorça terrestre. Des del punt de vista industrial i comercial, s'utilitza cada vegada més en la tecnologia elèctrica, en la indústria de transport, embalatge i construcció, així com estris domèstics i envasaments. Els compostos de **Al** s'utilitzen en el processament, l'empaquetament i la preservació d'aliments i com additiu d'aliments; el sulfat de **Al** s'usa també molt per a sedimentació de partícules en el tractament d'aigua potable. Terapèuticament, els derivats de **Al** s'utilitzen com antiàcids i d'altres fàrmacs d'aplicació tòpica (ATSDR, 2006).

Encara que sol afirmar-se que no s'absorbeix en el tub digestiu, existeix certa absorció que és fàcilment equilibrada per l'excreció renal, però, en cas d'insuficiència renal, l'administració d'**Al** en forma d'hidròxid pot provocar una acumulació creixent en l'organisme, dipositant-se sobretot en el teixit pulmonar, el cervell i els ossos (ATSDR, 2006). En algunes regions, existeixen també aigües que contenen una concentració elevada d'**Al**; l'ocupació d'aquestes aigües en la diàlisi de malalts amb insuficiència renal provoca una acumulació important d'**Al** en l'organisme, que ha provocat brots epidemiològics d'intoxicació, toxicitat aguda i crònica. L'exposició continuada al pols de **Al** causa una reacció fibròtica pulmonar, que arriba a ser mortal (US EPA, 2004c).

1.7.3- L'ANTIMONI (Sb)

L'antimoni (**Sb**) és un element semimetàlic que es comporta químicament com un no metall. Principalment s'utilitza en aliatges metàl·lics i alguns dels seus compostos són emprats com a inífugs, en pintures, ceràmiques, esmalts, vulcanització del cautxú i focs artificials. L'**Sb** té una creixent importància en la indústria de semiconductors en la producció de díodes, detectors infrarojos i dispositius d'efecte Hall. Usat com a aleació, aquest semimetall incrementa molt la duresa i força mecànica del plom. També s'utilitza en diferents aliatges com peltre, metall antifricció (aleació amb estany), metall anglès (format per zinc i **Sb**), etc.

L'**Sb** és alliberat a l'ambient des de fonts naturals i industrials. Pot romadre en l'aire adherit a partícules molt petites per molts dies (US EPA, 2004c). La majoria de **Sb** en l'aire es diposita a terra, on s'adhereix fermament a partícules que contenen ferro, manganès o alumini. En l'aire urbà les principals fonts d'**Sb** són les combustions de combustibles fòssils en vehicles automotors, centrals elèctriques, i les incineradores. Si l'aire conté alts nivells d'**Sb** per períodes molt llargs, pot irritar els ulls i els pulmons i pot causar problemes respiratoris, del cor, i de l'estómac (US EPA, 2004c). L'**Sb** i molts dels seus compostos són tòxics, cal tenir les majors atencions possibles en la seva manipulació (ATSDR, 1992). La IARC no ha classificat a l'**Sb** com a carcinogènic per humans.

1.7.4- L'ARSÈNIC (As)

Els compostos d'**As** es classifiquen en dos grups (ATSDR, 2005d): compostos amb **As inorgànic** i compostos amb **As orgànic**. Tant els orgànics com els inorgànics poden

tenir l'**As** en forma trivalent i pentavalent. En la naturalesa, l'**As** es troba en les mines de sulfur; la arsenopirita és el mineral més comú que conté **As**. Els usos més freqüents de l'**As** són: tan pesticides (arseniat de plom, arseniat càlcic o arsenit sòdic), com herbicides (arseniat monosòdic, àcid dimetilarsínic o àcid cacodílic), com dessecant de cotó (àcid **As**) i com conservant de fusta (arseniat de zinc i crom). Serveix també per modificar el color del vidre, per a la fabricació de vidre òpal i esmalts, i per a la purificació de gasos industrials. L'**As** elemental s'utilitza també en la fabricació de diversos aliatges amb la finalitat d'augmentar la seva duresa i la seva resistència a la calor.

En l'ambient, l'**As** es troba en concentracions elevades en certs aliments marins (peixos i mariscos) i en aliments obtinguts d'àrees sotmeses a tractament amb **As** (insecticides i herbicides); en les aigües naturals, la concentració és molt variable, depenent del terreny i, per descomptat, de l'existència de possibles fonts de contaminació. Lògicament, les fàbriques de foneria, la combustió de l'hulla i les fàbriques d'insecticides o altres productes que continguin arsènic constitueixen focus de particular perill d'exposició, ja que l'**As** pot accedir per via inhalatòria i dipositar-se al llarg de la mucosa de les vies respiratòries i penetrar després en l'organisme.

L'absorció intestinal dels derivats orgànics i inorgànics és elevada (80 %); es distribueix per tot l'organisme i s'elimina preferentment per via renal; una part s'emmagatzema en músculs, ossos, pell i pèl i ungles (US EPA, 2007). La intoxicació pot ser aguda o crònica. La primera és rara actualment i la segona es deu a l'exposició ambiental de l'aire o de l'aigua contaminada. La dosi letal per via oral de triòxid **As** oscil·la entre 70.00 i 180.00 µg/g. El triòxid **As**, el triclorur **As** i els gasos **As** de guerra produeixen intensa irritació i vesicació en les mucoses de les vies respiratòries, la conjuntiva ocular i la pell. Per via oral, la intoxicació aguda provoca un quadre intestinal greu, amb intens dolor gàstric, vòmits i diarrea, que pot acabar en xoc; oligúria, hematúria i anúria poden complicar el quadre. Si no és mortal, aquest quadre pot anar seguit de febre, anorèxia, afectació hepàtica, melanosis, perturbació de la funció cardíaca, edema facial, lesions a la pell i signes neurològics (ATSDR, 2005d).

En la intoxicació crònica destaquen les lesions de la pell i les mucoses que, en ocasions, es transformen en neoplàsiques. Són característiques les lesions de palmes i plantes, la melanosis i, a vegades, la leucodèrmia, la hiperqueratosis i l'existència d'estries blanques a les ungles. Són freqüents les alteracions neurològiques en forma de neuritis

simètrica i dolorosa, amb disfunció motora i parestesies, i anomalies en el electromiograma. Sembla que existeix una relació clara entre la durada de l'exposició a l'**As** i l'aparició de càncer de pell de diverses característiques i de càncer de pulmó.

1.7.5- EL BARI (**Ba**)

El Bari (**Ba**) és un metall alcalinoterri que es fa servir en la fabricació de determinades cèl·lules fotoelèctriques. Els compostos de **Ba** són usats per les indústries de gas i petroli per perforar. S'empren també per fabricar pintures, totxos, ceràmiques, vidre i cautxú. Les principals fonts a l'aire poden ser les refineries, la crema de combustibles fòssils, o bé l'extracció d'àrids (USA EPA, 2007). Té capacitat per absorbir-se als sòls o als sediments i acumular-se. Els peixos i altres organismes aquàtics poden acumular-lo també. L'element és tan reactiu que no existeix en estat lliure en la naturalesa, sempre es troba formant compostos amb halògens, encara que també es presenta en forma de nitrats o sulfats no solubles en aigua.

Els compostos de **Ba**, per exemple el sulfat o carbonat de **Ba**, no es dissolen molt bé en aigua, on són estables, combinats amb sulfats o carbonats. Els efectes sobre la salut dels diferents compostos de **Ba** depenen de la solubilitat del compost en aigua o en el contingut estomacal. Els compostos de **Ba** que no es dissolen molt bé, per exemple el sulfat de **Ba**, generalment no són perjudicials (US EPA, 2007). L'exposició durant períodes relativament breus a nivells de **Ba** pot causar pertorbacions gastrointestinals i debilitat muscular. La ingestió durant un període breu de quantitats majors de **Ba** que les que ocorren normalment en els aliments i l'aigua pot produir vòmits, rampes estomacals, diarrea, dificultat per respirar, augment o disminució de la pressió sanguínia, adormiment de la cara i debilitat muscular. La ingestió de quantitats molt altes de compostos de **Ba** que es dissolen fàcilment pot alterar el ritme del cor i produir paràlisi i possiblement la mort. La IARC ha determinat que no hi ha suficient informació per establir si la inhalació de **Ba** produeix càncer en l'ésser humà (ATSDR, 2005c).

1.7.6- EL BERIL·LI (**Be**)

El beril·li (**Be**) és un metall lleuger que s'utilitza molt en diverses aliatges de metalls que s'usen com a components de míssils, reactors nuclears, peces aeronàutiques, pantalles de raigs X i diversos components de material d'alta tecnologia.

Les seves sals són tòxiques i potencialment cancerígenes. La beril·liosi crònica és una afecció pulmonar causada per exposició a la pols de **Be** catalogada com a malaltia professional. Els primers casos de pneumonitis química aguda per exposició al **Be** es van produir al 1933 a Europa i al 1943 als Estats Units; al 1946 es van descriure els primers casos de beril·liosi entre els treballadors d'una planta de fabricació de tubs fluorescents a Massachusetts (US EPA, 2007). La beril·liosi s'assembla a la sarcoidosis en molts aspectes, la qual cosa dificulta en ocasions la diagnòsi. La intoxicació per **Be** és fonamentalment de caràcter ocupacional o per contaminació a partir de gasos i fums de determinades indústries. El **Be** gairebé s'absorbeix per via digestiva, però pot ser inhalat i mantenir-se durant setmanes en les mucoses de les vies respiratòries (US EPA, 2007). Provoca pneumonitis aguda, granulomatosis pulmonar crònica, dermatitis al·lèrgica i eczematososa. Encara que en animals mostra un alt poder cancerigen, no s'ha pogut confirmar aquest extrem en l'espècie humana (ATSDR, 2002). El **Be** i els seus compostos han de manipular-se amb molt atenció, extremant les precaucions quan durant l'activitat es pugui generar pols de beril·li, ja que l'exposició prolongada a la pols de beril·li pot causar càncer de pulmó (US EPA, 2007). La substància pot manipular-se amb seguretat sempre que se segueixin certs procediments. Si aquests es desconeixen no ha d'intentar-se la manipulació del **Be**.

1.7.7- EL CADMI (Cd)

S'ha convertit en un dels metalls amb major capacitat contaminant, atès que la seva utilització és cada vegada més abundant i el seu reciclatge és molt lent. En la naturalesa es troba associat al zinc, plom i coure, extraient-se de manera conjunta amb aquests metalls. La seva producció augmenta cada any degut a la diversitat d'aplicacions: galvanització i electroxapat, protecció del ferro enfront de l'oxidació i corrosió, pigmentació de plàstics i pintures, estabilització de plàstics, enduriment del coure i augment de la seva resistència enfront de canvis mecànics i tèrmics, fabricació de piles i elèctrodes, etc (ATSDR, 1999a).

El **Cd** es troba en diversos aliments, tant animals com vegetals, a l'aigua i l'aire de l'ambient; la seva concentració pot augmentar considerablement per contaminació a partir de les indústries que ho treballen. El fum del tabac és una de les fonts d'exposició més important de **Cd** en la vida ordinària (US EPA, 2007). La via d'entrada més perillosa del **Cd** és la respiratòria, ja que l'absorció per via digestiva és només del 5 %, si bé aquesta absorció pot augmentar quan existeixen deficiències de calci o ferro. Depenent de la mida de les partícules inhalades, el Cd es diposita en els alvèols pulmonars, des d'on s'absorbeix

a l'organisme (ATSDR, 1999a). Al Japó es va detectar la intoxicació amb una elevada proporció de osteomalàcia (malaltia *itai-ita*), no s'ha confirmat aquesta dada en altres països. S'ha descrit una relació entre concentració de **Cd** i hipertensió i es discuteix encara el possible paper carcinogen (ATSDR, 1999a).

1.7.8- EL COBALT (Co)

El cobalt (**Co**) és un element natural que es troba en les roques, el sòl, l'aigua, plantes i animals. S'usa per produir aliatges utilitzats en la manufactura de motors d'avions, imans, eines per triturar i tallar i articulacions artificials per al genoll i el maluc. Els seus compostos s'usen també per acolorir vidre, ceràmiques i pintures i com assecador d'esmalts i pintures per a porcellana.

La població general està exposada a baixos nivells de **Co** en l'aire, l'aigua i els aliments. Té efectes tant beneficiosos com perjudicials sobre la salut. A nivells baixos, forma part de la vitamina B12, substància que és essencial. A nivells alts, pot danyar els pulmons i el cor. L'exposició es pot donar a nivells baixos en respirar aire, prendre aigua o menjar aliments que contenen **Co**. Els aliments i l'aigua potable són les fonts principals d'exposició al **Co** per a la població general (ATSDR, 2004b).

No s'ha demostrat que el **Co** no radioactiu produeix càncer en éssers humans o en animals després d'exposició a través dels aliments o l'aigua. No obstant això, s'ha observat càncer en animals que van respirar **Co** o quan es va col·locar **Co** directament en el teixit muscular o sota la pell. Basat en dades en animals de laboratori, la IARC a determinat que el **Co** i els compostos de **Co** són possibles carcinògens en éssers humans. L'exposició a alts nivells de radiació de **Co** pot produir alteracions en el material genètic a l'interior de les cèl·lules, el que pot conduir al desenvolupament de certs tipus de càncer (ATSDR, 2004b).

1.7.9- EL CROM (Cr)

En la seva forma trivalent es troba en la naturalesa i en els organismes com metall essencial; la forma hexavalent és d'origen industrial i resulta molt tòxica. Els compostos de **Cr** (**III**) són menys tòxics, en ser un element essencial per l'home a nivell traça, que té un paper en el metabolisme de la glucosa, i sembla que té efecte en l'acció de la insulina, però a altres quantitats és tòxic (US EPA, 2007).

En general, el **Cr** s'absorbeix per via inhalatòria i gastrointestinal. Tots els compostos de **Cr** s'han de considerar tòxics. Els compostos de **Cr (VI)** són molt tòxics, poden produir erupcions cutànies, malestar d'estómacal i úlceres, ulceracions de la pell, dermatitis i reaccions al·lèrgiques de localització bronquial i dèrmica (US EPA, 2007). També arriba a provocar ulceracions de la mucosa i perforació de la mucosa del septe nasal. La inhalació de **Cr (VI)**, hexavalent, pot desencadenar carcinoma bronquial (ATSDR, 2000a).

La IARC ha determinat que el **Cr (VI)** en l'aire és carcinogen en éssers humans. L'EPA també ha determinat que no hi ha suficient informació per determinar si el **Cr (VI)** a l'aigua o en els aliments, i el **Cr (III)** són carcinògens en éssers humans (ATSDR, 2000a).

1.7.10- EL COURE (Cu)

És un metall essencial, amb una aplicació industrial en equips elèctrics; forma part també de diverses aliatges i algunes de les seves sals s'utilitzen com a pesticides. S'absorbeix per via digestiva, principalment en l'estómac; es distribueix per tot l'organisme i s'emmagatzema en el fetge, cor, ronyó i múscul (ATSDR, 2004a).

És essencial per l'home però en petites quantitats. Els compostos de **Cu** solubles són els que presenten major perill per la salut. La ingesta accidental de sals de **Cu** produeix molèsties gastrointestinals amb abundant vòmit; si la dosi és alta, pot produir hemòlisi, lesions hepàtiques i renals. No es coneixen dades sobre la intoxicació crònica. És en la intoxicació endògena de **Cu**, degeneració hepatolenticular o malaltia de *Wilson*, on el **Cu** s'emmagatzema en el fetge i pot afectar els ganglis (US EPA, 2007).

1.7.11- EL FERRO (Fe)

Existeixen quatre formes principals d'intoxicació o d'excés de **Fe** en l'organisme humà: l'enverinament agut per ingestió excessiva, la toxicitat pulmonar per inhalació crònica de pols ric en ferro, l'hemocromatosis hereditària per acumulació lenta de **Fe** en l'organisme i la sobrecàrrega de **Fe** per transfusions repetides. La intoxicació aguda ocorre generalment en nens, per ingestió excessiva de medicines que contenen **Fe** (US EPA, 2007).

1.7.12-EL MERCURI (Hg)

El **Hg** es troba en forma elemental o formant part de compostos inorgànics i orgànics; cadascuna d'aquestes formes posseeix les seves pròpies qualitats toxicològiques. Circula de manera natural en la biosfera, sent alliberades de 30.000 a 150.000 tones a l'atmosfera com gas a partir de l'escorça terrestre i els oceans. A més, són alliberades altres 20.000 tones cada any a l'ambient, a partir de la combustió de petroli i derivats, i de la indústria. Altres 10.000 tones es produeixen cada any per a usos industrials, de les quals una petita part s'utilitza per sintetitzar compostos orgànics (ATSDR, 1999b).

A la temperatura ambient, el metall **Hg** és líquid. Els compostos de **Hg** ho posseeixen en forma monovalent o bivalent; en la naturalesa pot formar compostos organometàl·lics en els que el metall es troba unit al carboni mitjançant enllaç covalent en forma $R-Hg^+$ o $R-Hg-R'$. Entre els compostos inorgànics, tenen interès toxicològic el **Hg** elemental i les sals bivalents (mercúriques). Els compostos orgànics es divideixen, al seu torn, en estables i inestables; els compostos alquil**Hg** són estables, mentre que els fenil**Hg** i els metoxialquil**Hg**, emprats com pesticides i conservants, es trenquen fàcilment en l'organisme. Els més perillosos són els compostos alquil**Hg**, entre els quals predomina el metil**Hg** (US EPA, 2007). El **Hg** s'utilitza en la indústria cloroalcalina, en equips elèctrics, pintures, sistemes de mesurament, agricultura, detonadors, catalitzadors, conservants, germicides i fungicides que s'incorporen a productes farmacèutics, plàstics, pintures i altres productes.

En l'actualitat, després d'esdevingudes diverses catàstrofes, l'ús de metil**Hg** i etil**Hg** per al tractament de llavors s'ha substituït pel metoxietil**Hg** (US EPA, 2004c; ATSDR, 1999a). Per tot això, l'existència del **Hg** en l'ambient és important, sobretot en les àrees urbanes, però per raons industrials i agrícoles existeixen àrees particularment contaminades: mines, fàbriques de cloroalcalins o d'instruments i laboratoris de física i química (US EPA, 2007).

L'elevada toxicitat del **Hg** es deu a la seva gran reaccionabilitat amb els grups -SH presents en les proteïnes de l'organisme; d'aquesta manera es fixa a membranes i inactiva múltiples enzims dels éssers vius. L'estructura molecular de cada compost de **Hg**, la seva estabilitat en l'organisme i les seves vies d'eliminació conformen les seves propietats toxicològiques, específiques per a cada compost.

a) Hg elemental i compostos mercurials inorgànics

El **Hg** elemental penetra com vapor en l'organisme, fonamentalment per inhalació i en molt menor grau per via digestiva. Es difon amb rapidesa a través de la membrana alveolar, s'oxida en part en els eritròcits passant a ió mercurí i penetra en abundància en el sistema nerviós i en altres òrgans d'origen ectodèrmic. S'acumula en els esmentats òrgans, amb una semivida d'eliminació molt prolongada. S'excreta en forma mercurica per bilis, orina i altres secrecions; en l'home, la semivida biològica és d'uns 60 dies (US EPA, 2007). La intoxicació aguda per vapor de **Hg** provoca signes respiratoris en forma de bronquitis, bronquiolitis i pneumonitis, amb insuficiència respiratòria; aquests signes es combinen amb altres símptomes de caràcter neurològic. En la intoxicació crònica, l'òrgan crític és el cervell. Apareix un quadre astènic amb fatiga, debilitat, anorèxia, pèrdua de pes i tremolor intencional interromput per sacsejades musculars. Sobrevé també l'eretisme, que es caracteritza per alteracions de la personalitat i de la conducta, irritabilitat, pèrdua de memòria, insomni, deliri i al·lucinacions (US EPA, 2007). A vegades s'observen alteracions de les genives amb abundant salivació.

b) Hg mercuric

Les sals de **Hg** s'absorbeixen principalment per via gastrointestinal, on produeixen una intensa lesió de la mucosa. Es distribueixen per l'organisme i s'acumulen en el ronyó, on provoquen la lesió crònica més característica, el fetge, la pell, la melsa, els testicles i el cervell. La intoxicació aguda consisteix a signes gastrointestinals, que poden arribar a ser molt greus, amb col·lapse circulatori per intensa afectació de tota la mucosa. L'enverinament crònic provoca fonamentalment necrosi tubular renal i síndrome nefròtic. En ocasions causa eritema i dermatitis exfoliativa; pot aparèixer acrodínia o malaltia rosa, amb erupció dèrmica, esgarriances, inflamació i irritació de mans, peus, galtes i nas, seguides de descamació, pèrdua de pèl i ulceració; pot acompanyar-se de fotofòbia, insomni i respiració profusa (US EPA, 2004c; ATSDR, 1999a).

c) Compostos de Hg orgànic

Els compostos alquil de cadena curta resisteixen la degradació química dels organismes, per la qual cosa la seva presència persisteix durant molt temps. Entre ells, el **metilHg** es forma de manera natural en l'ambient aquàtic i en la pròpia escorça terrestre a

partir del **Hg** elemental i del mercurí, sent ingerit després pels organismes vius o transformat en gasos de dimetilHg que són alliberats a l'aire. Els compostos orgànics penetren, en general, en els organismes amb major facilitat que els inorgànics, a causa de la seva major liposolubilitat, tant per via inhalatòria, en el cas dels gasos, com per via digestiva (US EPA, 2007). A més a més, en ser menys irritants, no lesionen la mucosa, pel que penetren millor i en major quantitat. En la sang estan units a proteïnes i incorporats als eritròcits, on assoleixen una concentració molt elevada. Es distribueixen per tot l'organisme i travessen les barreres hematoencefàlica i placentària, arribant-se a acumular el **metilHg** en el cervell fins a concentracions superiors a les del plasma, que perduren molt de temps; s'acumulen també en el pèl (US EPA, 2004c; ATSDR, 1999a).

1.7.13-EL MANGANÈS (Mn)

El **Mn** és un metall que es troba en molts tipus de roques. Pot combinar-se amb carboni per produir compostos orgànics de **Mn**. Alguns compostos orgànics comuns inclouen pesticides, com ara maneb o mancozeb, i metilciclopentadienil **Mn** tricarbonil (MMT), un additiu en certes gasolines. És un element essencial poc abundant i és necessari per mantenir bona salut. Es pot trobar **Mn** en diversos articles alimentaris, incloent grans i cereals, i es troba en grans quantitats en altres productes, com el te (US EPA, 2007).

Certs individus exposats a nivells de **Mn** molt alts durant llargs períodes de temps a la feina van patir perturbacions mentals i emocionals i van exhibir moviments lents i mancats de coordinació. Aquesta combinació de símptomes constitueix una malaltia anomenada "manganisme". Els treballadors generalment no exhibeixen símptomes de manganisme llevat que hagin estat exposats a **Mn** per mesos o anys. El manganisme ocorre per que el **Mn** danya les zones del cervell que ajuden a controlar els moviments. L'exposició a alts nivells de **Mn** en l'aire, com pot ocórrer en una foneria de **Mn** o una planta de bateries, pot afectar l'habilitat motora tal com mantenir una mà immòbil, l'execució de ràpids moviments manuals, i mantenir l'equilibri. L'exposició a alts nivells del metall també pot causar problemes respiratoris i alteració en la funció sexual (ATSDR, 2000c).

1.7.14-EL MOLIBDÈ (Mo)

El molibdè (**Mo**) és un metall de transició. En petites quantitats, s'empra en distints aliatges d'acer per a endurir-lo o fer-lo més resistent a la corrosió. És l'únic metall de la

segona sèrie de transició al qual se li ha reconegut la seva essencialitat des del punt de vista biològic i que es troba en alguns enzims amb diferents funcions (*oxotransferases*: transferència d'electrons i d'àtoms d'oxigen de l'aigua; la *xantina oxidasa*: oxida la xantina en àcid úric; *nitrogenases*: fixació de nitrogen molecular en bacteris, per posar algun exemple). No es troba mai a la natura com a element lliure, sinó en forma de minerals, el més important dels quals es la molibdenita (MoS_2). Es detecta a nivell de ppm en l'aigua de mar en forma de molibdats (MoO_4^{2-}), forma que els éssers vius poden absorbir fàcilment.

Tots els compostos de **Mo** s'haurien de considerar tòxics. S'ha informat d'alguna evidència de desordre hepàtic amb hiperbilirubinèmia en treballadors crònicament exposats a una planta soviètica de **Mo** i coure. També s'han trobat signes de gota en treballadors de fàbriques i entre la població de zones d'Armènia riques en **Mo**. Les característiques principals foren dolors de l'articulació del genoll, mans, peus, deformitats en les articulacions, eritemes i edemes en la zona de l'articulació (US EPA 2005).

1.7.15-EL NÍQUEL (Ni)

El **Ni** és un element natural molt abundant. Pot combinar-se amb altres metalls, com ara el ferro, coure, cromo i zinc per formar aliatges. Aquests aliatges s'usen per fabricar monedes, joies, i articles com ara vàlvules i bescanviadors de calor. La major part del Ni s'usa per fabricar acer inoxidable. Molts compostos de Ni es dissolen fàcilment en aigua i són de color verd. Els compostos de **Ni** s'usen en niquelat, per acolorir ceràmiques, per fabricar bateries i com catalitzadors, que són substàncies que acceleren les reaccions químiques (ATSDR, 2005a).

El **Ni** es troba en tots els sòls i és alliberat per emissions volcàniques. El **Ni** també es troba en meteorits i a terra dels oceans. El **Ni** i els seus compostos no tenen olor ni gust característics (ATSDR, 2005a). L'efecte advers més comú de l'exposició al **Ni** en éssers humans és una reacció al·lèrgica. Aproximadament entre un 10% i 15% de la població és sensible al **Ni**. Les persones poden sensibilitzar-se al **Ni** quan hi ha contacte directe prolongat de la pell amb joies o altres articles que contenen **Ni** (US EPA, 2007). Una vegada que una persona s'ha sensibilitzat al **Ni**, el contacte addicional amb el metall produirà una reacció. La reacció més comú és una borradura a l'àrea de contacte. Algunes persones sensibilitzades reaccionen quan ingereixen **Ni** en els aliments o l'aigua o quan respiren pols que conté **Ni** (ATSDR, 2005c).

1.7.16-EL PLOM (Pb)

Els usos industrials i corrents del **Pb** són molt nombrosos, per la qual cosa les intoxicacions han estat freqüents. S'utilitza en la fabricació de piles, en la producció de tetraetil**Pb** que serveix com antidetonant de la gasolina, en la fabricació de pigments i de pintures, en dipòsits i contenidors de begudes i aliments; si aquests es troben malament recoberts, poden ser origen d'intoxicacions. Per tot això, la contaminació en major o menor grau de l'aire, aigües i aliments amb Pb és freqüent (ATSDR, 2005b).

El **Pb** penetra per inhalació de l'aire contaminat, en proporció relacionada amb la mida de les partícules; per absorció intestinal s'incorpora el 10 % de la quantitat ingerida. En la sang es concentra sobretot en els eritròcits; es distribueix per l'organisme, localitzant-se inicialment en el ronyó (epiteli tubular) i fetge i després en l'os, les dents i el pèl, de manera que l'acumulació més gran es produeix en l'os (US EPA, 2007). L'excreció és principalment per orina. La semi-vida depèn del compartiment en qüestió; és d'uns dies per al plasma i teixits tous, i de diversos anys per a l'esquelet (ATSDR, 2005b).

La intoxicació aguda per **Pb** és poc freqüent i es deu a la ingestió de compostos de **Pb** àcidosolubles o a la inhalació de vapors. Provoca un quadre agut gastrointestinal, amb abundants vòmits i dolor abdominal, excrements negres, diarrea o restrenyiment. Si la ingestió ha estat gran, sobretot en nens, pot ocasionar una encefalopatia aguda amb vòmits, atàxia, estupor, somnolència i irritabilitat; per a això, la concentració en plasma és d'uns 100-300µg/100 mL. La intoxicació crònica ha estat més freqüent i afecta diversos sistemes, podent fer-ho per separat o en combinació. El sistema nerviós central pot afectar-se de manera aguda o crònica; la primera es manifesta per una encefalopatia subaguda o aguda amb signes d'hipertensió cranial que no cedeix amb la descompressió, encara que pot fer-ho amb terapèutica que redueixi la pressió intracranial. El quadre neurològic crònic es veu en nens: presenten deteriorament mental, conducta hipercinètica o agressiva, pèrdua de gana, insomni i dolors abdominals (ATSDR, 2005b).

1.7.17-EL SELENI (Se)

La població general pot estar exposada diàriament a baixos nivells de seleni (**Se**) a través dels aliments i l'aigua. És un element mineral natural, àmpliament distribuït en la naturalesa en la majoria de les roques i sòls (ATSDR, 2003). La major part del **Se** que es

processa és usat en la indústria electrònica, com suplement nutritiu; en la indústria del vidre; com a component de pigments en plàstics, pintures, esmalts, tintures i cautxú; en la preparació de medicaments; com additiu nutricional en aliments per a aus de corral i el bestiar; en formulacions de pesticides; en la producció de cautxú; com ingredient en xampús contra la caspa; i com component de fungicides. El **Se** pot contaminar l'aigua des de les roques o els sòls, des de les deixalles agrícoles i industrials degut a la seva alta solubilitat s'algunes de les seves formes químiques (ATSDR, 2003).

És un element traça necessari. L'exposició aguda a altes concentracions de **Se** pot produir nàusea, vòmits i diarrea. L'exposició crònica a altes concentracions de compostos de **Se** pot produir una malaltia anomenada selenosi. Els signes i símptomes principals de la selenosi són pèrdua del cabell, ungles trencadisses i anormalitats neurològiques (per exemple, adormiment i altres sensacions estranyes en les extremitats). Inhalar vapors de Se a la feina pot produir mareig, fatiga, irritació de les mucoses i efectes respiratoris (US EPA 2005). Els estudis en animals de laboratori i en éssers humans demostren que la majoria dels compostos de Se probablement no produeixen càncer. En efecte, els estudis en éssers humans suggereixen que nivells de Se en la dieta més baixos que el normal poden augmentar el risc de desenvolupar càncer. La IARC ha determinat que el **Se** i els seus compostos no són classificables quant a carcinogenicitat en éssers humans.

1.7.18-EL TAL·LI (TI)

L'exposició al tal·li (**TI**) es dona principalment a través dels aliments, tot i que l'exposició potencialment més alta és de tipus ocupacional o a través del fum del tabac. Respirar alts nivells de **TI** pot produir alteracions del sistema nerviós, mentre que ingerir alts nivells pot produir vòmits, diarrea, caiguda temporal del cabell i altres efectes (ATSDR, 1995).

El **TI** s'utilitza principalment en la fabricació d'articles electrònics, interruptors i terminals, principalment per a la indústria de semiconductors. També s'utilitza, encara que en forma limitada, en la fabricació de vidres especials i en certs procediments mèdics. Entra al medi ambient principalment en cremar carbó i des de foneries (ATSDR, 1995). Roman durant molt de temps sense degradar-se en l'aire, l'aigua o el sòl. Alguns compostos de **TI** són eliminats de l'atmosfera per la pluja i la neu. És absorbit per plantes i entra a la cadena alimentària. La IARC no han classificat al TI quant a la seva carcinogenicitat en éssers

humans. No hi ha estudis disponibles en éssers humans o en animals sobre els efectes carcinògens per via respiratòria, oral o dèrmica (US EPA 2005).

1.7.19-EL VANADI (V)

El **V** és un compost que es troba en l'ambient en la forma d'un metall. Generalment es combina amb altres elements com ara oxigen, sodi, sofre o amb clorur. El **V** i els compostos de **V** poden trobar-se en l'escorça terrestre i en les roques, en certs minerals de ferro i en dipòsits de petroli cru. El **V** es troba freqüentment combinat amb altres metalls formant aliatges. El **V** en la forma d'òxid de **V** és un component d'un tipus especial d'acer usat en parts d'automòbils, ressorts i rodaments (US EPA, 2007). La major part del **V** als Estats Units és usat per fabricar acer. L'òxid de **V** pot prendre la forma d'un pols groc ataronjat, escames gris fosques o vidres grocs. També es barreja amb ferro per manufacturar parts per a motors d'avions. Petites quantitats s'utilitzen per manufacturar cautxú, plàstics, ceràmiques i altres productes químics (ATSDR, 1999d).

L'exposició a alts nivells de **V** pot causar efectes perjudicials per a la salut. Els efectes principals per nivells alts a l'aire de **V** ocorren en els pulmons, el coll i els ulls. Alguns treballadors que van respirar **V** per poc o molt de temps ocasionalment van patir irritació dels pulmons, tos, respiració amb alè, dolor del pit, secreció nasal i dolor de coll. Aquests efectes van cessar poc temps després de cessar l'exposició a l'aire contaminat. Efectes similars s'han observat en estudis en animals. No s'han observat altres efectes d'importància en éssers humans exposats al **V** (ATSDR, 1999d). No es coneixen els efectes al ingerir **V** en éssers humans. Encara que en animals va provocar la mort. Nivells més baixos, administrats a l'aigua a femelles prenyades van causar lleus defectes en la descendència. En alguns animals que van respirar o van ingerir **V** per molt de temps es van observar lesions lleus del fetge i els ronyons (ATSDR, 1999d).

1.7.20-EL ZINC (Zn)

El **Zn** és un dels elements més comuns de l'escorça terrestre. El **Zn** es troba en l'aire, el sòl, i l'aigua i és present en tots els aliments. En la seva forma elemental (o metàl·lica) pura, el **Zn** és un metall blau-blanc, brillant. El **Zn** en pols és explosiu i pot esclatar si està emmagatzemat en llocs humits. El **Zn** metàl·lic té moltes aplicacions en

indústria. Un ús comú per al **Zn** és cobrir l'acer i el ferro així com altres metalls per prevenir floridura i la corrosió; aquest procés s'anomena galvanització. El **Zn** metàl·lic també es barreja amb altres metalls per formar els aliatges com ara llautó i bronze. Un **Zn** i un aliatge de coure s'utilitzen per fer penics als estats Units. El **Zn** metàl·lic també s'utilitza per fer les bateries de les piles seques (ATSDR, 1999c).

El **Zn** pot combinar-se també amb altres elements, com ara el clor, l'oxigen, o els sulfurs, formar compostos del **Zn**. La majoria del mineral del **Zn** que es detecta en l'ambient està naturalment en la forma de sulfur del **Zn**. Els compostos del **Zn** s'utilitzen extensament en indústria, per fer les pintures blanques, ceràmica, produir el cautxú o per preservar la fusta i en la fabricació i tenyir teles (US EPA, 2007). És un element essencial per al cos humà en quantitats petites. Sol utilitzar-se com a font de **Zn** als aliments. L'aigua potable o altres begudes poden contenir alts nivells de **Zn** si s'emmagatzemen en envasos del metall o travessar les pipes que han estat cobertes amb **Zn** per resistir floridura. En general, els nivells del **Zn** en aire són relativament baixos i bastant constants. L'aire prop d'àrees industrials pot tenir nivells més alts del **Zn**.

La toxicitat del **Zn** és molt rara i només té lloc quan s'absorbeixen entre 100 a 300 mg/dia. No obstant això, l'administració contínua de **Zn** interfereix amb l'absorció de Cu i dosis contínues de 50 mg/dia han mostrat una reducció de les concentracions plasmàtiques d'HDLs. En dosis molt altes (> 2 g/dia) el sulfat de **Zn** pot ocasionar irritació intestinal. La síndrome tòxica per excés de **Zn** es caracteritza per anèmia, febre i possibles alteracions del sistema nerviós central (ATSDR, 1999c).

2- OBJECTIUS

2.1- SITUACIÓ ACTUAL DE LA CONCA CATALANA DEL RIU EBRE I JUSTIFICACIÓ DEL TREBALL

Donat que existeix un consens general tant per part de l'administració, com per part de la població de que la conca catalana del riu Ebre és una zona de gran valor econòmic i ecològic, investigadors i administració han realitzat fins avui diferents estudis amb la finalitat de conèixer possibles impactes per a la salut de la població i per a l'ecosistema deguts a la contaminació per metalls de la zona.

L'objectiu de l'estudi ha estat conèixer de forma integral la situació de la conca catalana del riu Ebre i els seus afluents amb el propòsit que l'administració pugui gestionar i prendre les mesures adients per a la protecció ambiental de la zona i per a la salut de la població resident. Els estudis puntuals realitzats fins a l'actualitat, no integren el risc per a la població i el risc pels ecosistemes. En tots els casos els diferents estudis realitzats fins a l'actualitat divergeixen en l'ús de metodologies en les matrius de mostreig, o bé són estudis de tipus puntual.

2.2- OBJECTIUS

Per tot l'exposat anteriorment, l'estudi ha tingut com a **objectiu general**: la diagnosi de la situació actual a la conca catalana del riu Ebre i els seus afluents de la Comarca del Priorat, mitjançant la determinació de 20 metalls pesants i metal·loids, i l'elaboració d'una base de dades de concentracions d'aquests contaminants en diferents matrius i finalment la qualificació i la quantificació del risc, per tal de conèixer de forma més real i exacta els efectes potencials de les diferents fonts de contaminació sobre els ecosistemes i la població.

Per tal de complir aquest objectiu general, s'han desenvolupat els següents objectius específics:

- 1) Estudi de la **situació actual de la conca catalana del riu Ebre** (factors de pressió, impactes, possibles fonts de contaminació puntuals i difoses) a partir de la recopilació i l'anàlisi dels estudis previs realitzats per diferents investigadors.

- 2) Realització d'un **inventari de les emissions puntuals i difoses** dels diferents contaminants en el seu pas pels municipis del tram català de la conca del riu Ebre i que hi influeixen directa o indirectament, mitjançant la utilització, entre altres, de les bases de dades existents.

- 3) **Monitorització de metalls** (Al, As, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Mo, Ni, Sb, Se, Sn, Tl, V i Zn) en aigües superficials fluvials, en sediments fluvials superficials, en biota fluvial, en aigua de consum i en sòls de ribera i de poblacions riberenques de la zona d'estudi.

- 4) **Avaluació del risc per a la salut de la població resident en l'àrea d'estudi per exposició ambiental a metalls en sòls, aigua i aire i validació de l'aplicació *HRA Metales Pesados*.**

- 5) **Avaluació del risc sobre l'ecosistema fluvial del tram català del riu Ebre** per la presència dels fangs tòxics de l'embassament de Flix. Comparació dels resultats amb l'estudi realitzat en els rius Siurana, Montsant i Cortiella.

3- MATERIALS I MÈTODES

3.1- AGUA FLUVIAL SUPERFICIAL I DE CONSUM

3.1.1- MOSTREIG DE L'AIGUA FLUVIAL SUPERFICIAL

Per a la presa de mostra d'aigua fluvial superficial es segueix la metodologia proposada per American Public Health Association, American Water Works Association i Water Environment Federation (APHA-AWWA-WPCF, 2006), àmpliament utilitzada per altres investigadors i organismes internacionals (Szymanowska i col·ls., 1999; Audry i col·ls., 2004b; Kominkova i Benesova, 2004a; Holemann i col·ls., 2005; Lee i col·ls., 2005b; Claver i col·ls., 2006; Demirak i col·ls., 2006; Ouyang i col·ls., 2006a). La presa de mostra s'ha d'efectuar a una distància d'uns tres metres de la llera del riu, l'embassament o el pantà. En el cas afluents de l'Ebre, es realitzarà en el centre del riu.

Les mostres van ser recollides aigües amunt de qualsevol descàrrega d'aigua residual urbana o industrial. El mostreig es va realitzar en la zona de màxima corrent de l'aigua dins d'aquesta distància màxima, intentant no agitar els sediments ni provocar un excés de partícules en suspensió, i sempre a una profunditat d'entre 0.25 i 1.50 metres. L'aigua superficial es va recollir amb una galleda de polietilè (PE) lligada a una corda, tal i com es mostra en la **Figura 15**.

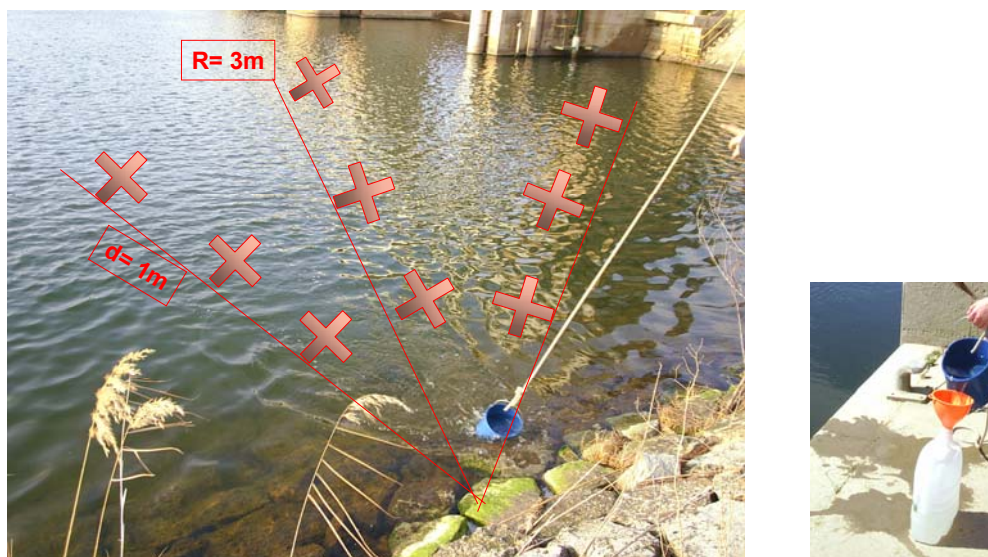


Figura 15- Tècniques de mostreig i conservació de l'aigua fluvial superficial.

Les mostres van ser transportades fins al laboratori de camp, en garrafes de polietilè (PE) d'alta densitat, no transparents, prèviament esbandides un mínim de tres vegades amb l'aigua fluvial a mostrejar. Les mostres van ser recollides en el mateix punt amb intervals de temps d'aproximadament 2 o 3 minuts, i posteriorment homogeneitzades en l'envàs (Tamasi i Cini, 2004).

3.1.2- MOSTREIG DE L'AIGUA DE CONSUM

L'aigua de consum es va obtenir de fonts públiques, previ acord amb els Ajuntaments. La mostra ha de ser representativa de l'aigua d'abastament de la xarxa, per la qual cosa, cal que la font no s'alimenti d'un dipòsit o una cisterna, sinó que s'extregui directament de la xarxa d'abastament (Giammanco i col·ls., 1998; Tamasi i Cini, 2004). La font es va deixar brollar aproximadament uns 2 o 3 minuts per tal de no recollir l'aigua emmagatzemada en les conduccions. De nou, les mostres eren compostes, és a dir, es van ser preses amb intervals de temps d'aproximadament 2 o 3 minuts, i posteriorment homogeneitzades en garrafes de PE d'alta densitat, no transparents, prèviament esbandides un mínim de tres vegades amb l'aigua de la font (**Figura 16**).



Figura 16- Tècniques de mostreig i conservació de l'aigua de consum.

En la **Taula 4**, es llisten les poblacions estudiades, així com el tram al qual pertanyen. Els municipis estudiats poden captar l'aigua directament del riu o de embassament, o bé de fonts o d'aquífers recarregats a partir dels diferents rius. Totes les aigües han estat tractades prèviament abans de ser destinades al consum humà seguint les especificacions del Real Decret 140/2003 (BOE, 2003a).

Taula 4- Punt de mostreig, tram al qual pertany, població, origen de l'aigua de consum. Dades subministrades pels ajuntaments.

Punt	Tram	Població	Origen	Extracció
1	1	Càmping de Riba-Roja	Embassament de Riba-Roja	Captació directa
2	1	Riba - Roja	Pantà de Flix	Captació directa
4	2	Flix	Pantà de Flix	Captació directa
5	2	Ascó	Pous	Recàrrega
7	3	Móra d'Ebre	Pous	Recàrrega
8	3	Miravet	Pous	Recàrrega
9	3	Xerta	Pous	Recàrrega
10	4	Tortosa	Pous i Riu Ebre	Recàrrega
11	4	Deltebre	Pous i Riu Ebre	Recàrrega
12	5	Cornudella	Embassament de Siurana	Captació directa
13	5	Torroja del Priorat	Embassament de Siurana (TOPOGRAPO)	Captació directa
16	5	Falset	Pous	Recàrrega
14	5	Porrera	Embassament de Siurana (TOPOGRAPO)	Captació directa
17	5	Bellmunt del Priorat	Riu Siurana	Captació directa i pou de la Mina
21	5	Margalef	Pantà de Margalef i Fonts de Sant Ramon	Captació directa

3.1.3- ALIQUOTAT DE L'AIGUA

El volum de la mostra d'aigua fluvial i/o de consum és específic per a cada determinació, com també ho és el tipus de contenidor, així com els requisits preservatius. Els mètodes estàndards per a l'anàlisi de l'aigua fluvial i/o de consum estableixen un requisit mínim per a:

- Material dels envasos, així com procediments de neteja previs al laboratori.
- Volum mínim de mostra per tal de realitzar les analítiques, expressat en mL.
- Metodologia específica de preservació i transport.
- Període d'emmagatzematge màxim per a cada tipus de determinació abans de que es realitzin les anàlisis.

A les **Taules 5 i 6** es descriuen les pautes per al mostreig d'aigua fluvial i/o de consum. Una vegada presa la mostra, en el laboratori de camp, es van aliquotar les mostres correctament per assegurar els resultats analítics i evitar al màxim la contaminació, les pèrdues i/o les transformacions.

Taula 5- Tipus de contenidor, volum de mostra, preservació, transport i temps màxim d'emmagatzematge (T max) (APHA-AWWA-WPCF, 2006)

Determinació	Contenidor	Neteja prèvia	Volum (mL)	Preservació	Transport	T max
<i>Matèria Orgànica</i>	VA	1 C	100	Addicionar H ₂ SO ₄ fins a pH<2.00 ⁺	R	7 dies
<i>Partícules en suspensió</i>	PE	1 C	1000	Foscor	T	24 h
<i>Metalls Metal·loides totals</i>	VA	2 C	100	Addicionar HNO ₃ fins a pH<2.00 ⁺⁺	R	6 mesos*
<i>Metalls Metal·loides en dissolució</i>	VA	2 C	100	Addicionar HNO ₃ fins a pH<2.00 ⁺⁺	R	6 mesos*
<i>Amoni</i>	PE	1 C	25	-	R	24 hores
<i>Clorurs</i>	PE	1 C	25	-	R	24 hores

VA : vidre àmbar ; **PE**: polietilè d'alta densitat; **1C** : Esbandir 3 vegades amb aigua destil·lada al laboratori, i 3 vegades amb la mostra al camp; **2C**: al laboratori, 24h amb solució de neteja al 10%, esbandir 3 vegades amb aigua destil·lada, 3 vegades amb aigua MiliQ, al camp esbandir 3 vegades amb la mostra; **R**: refrigerat a aproximadament a 4°C i en la foscor; **+**: addicionar 1 mL de H₂SO₄/L mostra; **++** addicionar 1 mL de HNO₃/L mostra **T**: Temperatura ambient; **I**: In situ; **L**: Laboratori; * el Hg s'ha de determinar abans de 28 dies (APHA-AWWA-WPCF, 2006).

Per exemple, per a la determinació dels metalls, el procediment de neteja previ dels envasos de vidre àmbar, passa per submergir-los en un bany de 24 hores en una solució de l'àcid nítric del 10% (E. Merck, Darmstad, Alemanya) al laboratori. En segon lloc, cal esbandir-los amb aigua destil·lada, un mínim de tres vegades i finalment aclarir amb aigua ultrapura (MiliQ) abans del seu ús, de nou tres vegades, segons els mètodes de l'Associació Americana de la Salut Pública (APHA-AWWA-WPCF, 1989). Durant el mostreig, al camp, es va esbandir l'envàs un mínim de tres vegades i eliminar l'aigua de rentat. La preservació de la mostra requereix que el pH sigui àcid per evitar qualsevol alteració en la composició de l'aigua, com per exemple la precipitació o l'absorció a les parets de l'envàs dels diferents

metalls que es puguin trobar a l'aigua. Immediatament després del mostreig, es va addicionar a l'aigua 1.0 mL/L d'àcid nítric (Ultrapure E. Merck, Darmstad, Alemanya), fins a un pH < 2.00, homogeneïtzar i identificar la mostra. Posteriorment, les mostres es van transportar i conservar a 4°C aproximadament fins a la determinació dels metall.

Taula 6- Tipus de contenidor, volum de mostra, preservació, i temps màxim d'emmagatzematge (T max) dels paràmetres físico-químics de l'aigua (APHA-AWWA-WPCF, 2006).

Determinació	Contenidor	Volum (mL)	Anàlisi	Preservació	T max
Oxigen dissolt	PE	250	IS	T	0.5h
Fosfats	PE	25	IS	T	15 min
Fósfor total	PE	25	IS	T	15 min
Nitrits	PE	25	IS	T	15 min
Nitrats	PE	25	IS	T	15 min
Nitrats	PE	100	L	T	24 h
Duresa	PE	25	IS	T	15 min
Clor Total	PE	25	IS	T	15 min
pH	PE	25	IS	T	Al moment
Conductivitat	PE	25	IS	T	Al moment
Temperatura	PE	25	IS	T	Al moment

PE: polietilè d'alta densitat; **T:** Temperatura ambient; **IS:** In situ; **min:** minuts, **h:** hores.

Algunes de les determinacions, com el pH, o la temperatura es van realitzar *in situ*, i intentant que el temps entre el mostreig i la determinació fossin mínims (**Taules 5 i 6**). Altres paràmetres podien ser analitzats dins de les 24 hores següents a la presa de mostra o es podien allargar fins a 6 mesos (APHA-AWWA-WPCF, 2006).

3.1.4- AIGUA FLUVIAL FILTRADA

Per tal de determinar l'impacte de les activitats antropogèniques sobre l'ecosistema i avaluar els possibles efectes dels metalls, es van determinar les seves concentracions dissoltes en l'aigua fluvial (Kominkova i Benesova, 2004b). Els metalls i metal·loides, solen estar absorbits a la fase particulada dissolta en l'aigua o bé a la dels sediments (Martinez i col·ls., 2006). Per diferents processos, poden entrar a formar part dels compartiments de l'ecosistema (**Figura 1**). Elevades concentracions de metalls dissolts, poden modificar les característiques dels organismes vius, els quals, o bé adapten els seus processos metabòlics i bioquímics o bé moren (Bidone i col·ls., 2001). La determinació de la distribució

de metalls entre la matèria particulada i la fase aquosa o aigua total, mostra que el perill que suposen certes substàncies, depèn quasi sense excepció, de si són absorbides pels organismes o bé per la matèria particulada. Aquesta unió entre les partícules en suspensió (*TPS Total Suspended Particles*), no és un procés naturalment invariable, sinó que depèn de molts paràmetres físico-químics del sistema fluvial que poden variar al llarg del riu, com són per exemple la concentració d'oxigen dissolt, la temperatura de l'aigua o de l'ambient, el pH o la presència de microorganismes (Kominkova i Benesova, 2004a). Tots ells poden afectar a la partició o la distribució dels metalls entre els diferents compartiments ambientals, però sobretot a la seva distribució entre l'aigua fluvial i les TPS. El coneixement de l'equilibri de partició o de la distribució dels metalls entre ambdues fases, indica sovint la presència de substàncies nocives en l'ecosistema fluvial.

La determinació dels metalls i metal·loides en dissolució, es va efectuar per separació *in situ*, una vegada presa la mostra de les partícules en suspensió de l'aigua fluvial, mitjançant filtració a través de filtres d'acetat de cel·lulosa Scheleicher & Schuell (*Uniflo 25/0.45 RC*) de 0.45 μm de mida de porus (**Figura 17**). Posteriorment es va addicionar a l'aigua fluvial filtrada 1.0 mL/L d'àcid nítric (Ultrapure E. Merck, Darmstad, Alemanya), fins a un pH < 2.00, es va homogeneïtzar i identificar la mostra. Les mostres es van transportar i conservar a 4°C aproximadament (APHA-AWWA-WPCF, 1989; Kominkova i Benesova, 2004a).



Figura 17- Filtració i acidificació de l'aigua fluvial per a determinar metalls en dissolució.

3.1.5- PROPIETATS FÍSICO-QUÍMIQUES I ANÀLISIS IN SITU

Segons el RD 140/2003, cal determinar algunes de les propietats físico-químiques de l'aigua per tal de considerar-les com a aptes per al consum humà (AC) (BOE, 2003b). Per

altra banda, per classificar la qualitat de les aigües fluvials (AF) i els seus possibles usos establerts en la directiva Marc de l'Aigua (agricultura, ramaderia, pesca o consum humà entre d'altres), cal determinar una major quantitat de paràmetres de l'aigua (DOL, 2000). Per tal d'avaluar els possibles impactes de certs contaminants sobre l'ecosistema, és necessari estudiar-les també, ja que poden afectar a la distribució dels contaminants a través dels diferents compartiments ambientals. Per exemple, molts metalls, dissolts o units a les partícules en suspensió, es transporten a través dels sistemes aquàtics, fluvials o subterranis, o bé es poden fixar per adsorció a les capes superficials de la matèria en suspensió o dipositar-se en els sediments (APHA-AWWA-WPCF, 1989; Chandra Sekhar i col·ls., 2005). A la **Taula 7** es llisten les determinacions de propietats físico-químiques que s'han realitzat per cada tipus d'aigua.

La **temperatura** en les aigües superficials fluvials és un paràmetre important pel seu efecte en moltes altres propietats físico-químiques de les mostres d'aigua. Per exemple, pot accelerar les reaccions químiques, la solubilització de les sals, augmentant així la concentració de metalls en les aigües, la reducció de la solubilitat dels gasos, afavorint la pèrdua d'oxigen en les aigües o la proliferació de les espècies causants de l'eutrofització (Gallo i col·ls., 2006). És important destacar que la temperatura de l'aigua depèn de molts factors, entre ells, l'època de la determinació, el cabal, l'hora del dia i la qualitat de l'aigua.

La **conductivitat** de l'aigua, sòl o sediments, permet estimar la concentració aproximada de les sals minerals presents en les mostres. Aquesta dada és important, especialment quan les aigües estan destinades a la producció d'aigua potable o com a possible font de contaminació per aigües residuals o bé d'origen industrial (Hatje i col·ls., 2003). La conductivitat en l'aigua natural depèn principalment del tipus de terreny que aquesta travessa. En terrenys fonamentalment de tipus calcari, la conductivitat acostuma a ser superior a 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mentre que en terrenys granítics, generalment és inferior a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En la conductivitat però influencien molt també altres paràmetres com poden ser els abocaments que es poden produir al llarg de tota la conca (CHE, 1998). La conductivitat elèctrica augmenta en profunditat del sòl, per la qual cosa, si el sòl de ribera entra en contacte amb l'aigua fluvial, això pot causar la salinització del sòl per ascens capil·lar de les sals als horitzons més superficials des de la capa freàtica (Pérez i col·ls., 2000). Per altra banda, si la conductivitat dels sediments és molt alta, algunes espècies bentòniques o bé algunes plantes aquàtiques (algues caròfites) es poden veure afectades (Demirak i col·ls., 2006).

Taula 7- Paràmetres físico-químics a determinar en funció del tipus d'aigua.

Paràmetres físico-químics	Tipus d'aigua
<i>Temperatura</i>	AF
<i>Conductivitat</i>	AF i AC
<i>Oxigen dissolt</i>	AF
<i>Nitrats</i>	AF i AC
<i>Nitrits</i>	AF
<i>Amoni</i>	AF
<i>Fòsfor total</i>	AF
<i>Ortofosfats</i>	AF
<i>Clorurs</i>	AF i AC
<i>Demanda química d'oxigen</i>	AF
<i>Partícules en suspensió totals</i>	AF
<i>Matèries oxidables en aigua</i>	AF
<i>Duresa de l'aigua</i>	AF i AC

AF: aigua fluvial; **AC:** Aigua de consum

L'**oxigen dissolt** (OD) és un paràmetre molt important en el control de la qualitat de les aigües superficials netes. Normalment estan saturades d'oxigen dissolt, però la demanda d'oxigen que prové dels residus orgànics poden consumir-lo ràpidament. Per a la seva determinació existeixen diferents mètodes analítics, basats tots ells en el mètode Winkler (APHA-AWWA-WPCF, 1989). L'OD en l'aigua és un dels paràmetres de major importància a l'hora de controlar la contaminació de les aigües, ja que els seus nivells depenen, tant de les activitats físico-químiques com bioquímiques en l'aigua. L'OD depèn dels següents paràmetres: temperatura ambiental i de l'aigua, pressió, composició físico-química, salinitat, matèria orgànica i cabal (Claver i col·ls., 2006). Tots aquests paràmetres influeixen sobre la solubilitat dels gasos en l'aigua, i per tant és necessari coneixe'ls per tal de delimitar si la disminució del OD és producte dels paràmetres anteriors o bé és deguda a l'activitat microbiana. Les aigües superficials no contaminades solen estar ben oxigenades i fins hi tot sobresaturades d'OD amb valors superiors a 8 mg d'O₂/L. El valor que s'ha fixat com a límit per assegurar la qualitat de l'aigua per tal de que existeixi la vida aquàtica és de 3 mg/L.

Els **nitrats** en les aigües són el producte final de l'oxidació del nitrogen, que prové en la majoria dels casos de la ramaderia intensiva de la zona i de l'agricultura riberenca. Es troben distribuïts a la litosfera en forma de sals sòdiques i potàssiques. La concentració de nitrats en les aigües superficials pot tenir diferents orígens (CHE, 2007). Es pot alliberar de la matèria orgànica en descomposició per les bacteries dels sòls, per dissolució de les

roques o bé pot tenir orígens de tipus industrial (Ouyang i col·ls., 2006b). L'agricultura pot ser també una font important de nitrats que provenen dels fertilitzants nitrogenats utilitzats, com són els purins o la gallinassa. Un dels efectes de l'excessiva concentració de nitrats en les aigües és que a causa de que els nitrats es converteixen en nitrits, aquests oxiden el ferro(II) de l'hemoglobina passant-ho a ferro(III) (methemoglobina) que té molt poca afinitat per la molècula d'oxigen i per tant disminueix el seu transport en els vasos sanguinis.

Els **nitrits** provenen principalment dels fertilitzants d'origen animals, residus urbans, industrial o bé d'additius alimentaris. Normalment es presenten en petites concentracions, inferiors a 0.1 g de NO_2^- /L d'aigua, en les aigües superficials, aquest valor és el que s'espera que no sigui superat en aigües superficials ben oxigenades. Els límits permisibles establerts per la legislació es troben regulats a una concentració de 0.5 mg/L segons el Real Decret 140/2003 per aigües destinades al consum humà (BOE, 2003a).

En l'aigua, la major part de l'amoníac es transforma en la forma iònica de l'amoníac, coneguda com a ions d'**amoni**, representada per la fórmula NH_4^+ . Els ions amoni no són gasosos ni tenen olor. En pous, rius, llacs i sòls humits, la forma iònica de l'amoníac és la més comú. Pot combinar-se també amb altres substàncies per formar compostos d'amoni, com per exemple sals com el clorur d'amoni, sulfat d'amoni, nitrat d'amoni i altres sals. Els valors establerts per la legislació estableixen que els nivells d'amoni no podem superar el valor llindar de 0.5 mg/L (BOE, 2003a).

El **fòsfor total** inclou diferents compostos com són els ortofosfats, polifosfats i el fòsfor orgànic. La determinació es fa convertint tots els compostos anteriors en **ortofosfats** que són els que es determinen per anàlisi química. Els fosfat són solubles en aigua. Provenen de l'escombraries orgàniques, aigües residuals, lixiviats de fertilitzants dels cultius, escombraries industrials, fosfats de detergents i tractament inadequat de les aigües residuals (Fernández-Turiel i col·ls., 2003). Un augment excessiu de nutrients genera un desequilibri en l'ecosistema aquàtic donant lloc a un increment excessiu de la població d'algues, i una disminució de la concentració de l'oxigen dissolt degut a la descomposició aeròbica de les algues mortes. Això provoca la mort o fugida dels peixos i l'increment d'altres espècies. Quan les concentracions d'oxigen són massa baixes prenen el relleu els bacteris anaeròbics que descomponen la matèria orgànica en detritus que cauen al fons i generen problemes d'olors. Els fosfats són menys solubles en aigua que els nitrats i per tant no es dissolen amb tanta facilitat a les aigües. No obstant això, el seu ús massiu com a component

dels detergents fa que es trobi en grans quantitats en les aigües residuals. Per eliminar els fosfats de les aigües tractades abans d'abocar-les als rius fa falta un tractament terciari, que no es dona en cap de les depuradores de la conca. Els valors guia de $\mu\text{g/L}$ de fosfats en aigua segons la legislació espanyola estableixen que els nivells de fosfats no han de ser superiors als $400 \mu\text{g/L}$ (0.4 mg/L) i que les concentracions no podem superar el valor llindar de $5000 \mu\text{g/L}$ (5 mg/L) (BOE, 2003a).

Els **clorurs** en les aigües són els responsables del gust salt en les aigües de consum, i són utilitzats com a indicadors de possible contaminació residual de l'aigua. En el cas de les aigües residuals tractades per les depuradores o els purins de les granges properes al riu, si aquestes no funcionen correctament o bé es produeixen abocaments incontrolats, poden alliberar concentracions de clorurs en el riu degut a l'alt contingut de clorurs que provenen de les orines. Els valors de la legislació estableixen per aigües destinades al consum humà valors guia de 25 mg/L i valors llindar de 250 mg/L (BOE, 2003a).

La majoria de la matèria orgànica que contamina l'aigua procedeix de deixalles d'aliments, d'aigües negres domèstiques i de fàbriques. La **demanda química d'oxigen** (DQO) és una mesura quantitativa de la contaminació de l'aigua per matèria orgànica. L'Administració pública ha establert per a aigua potable un valor màxim d'oxidabilitat de $5 \text{ mg d'O}_2/\text{L}$ o 50 ppm (BOE, 2003b). La metodologia de determinació de les **matèries oxidables en aigua** o compostos orgànics totals (*Total Organic Carbon: TOC*) determina la quantitat de carboni d'origen orgànic, i aporta informació sobre la productivitat agrícola i ramadera del riu, mitjançant el mètode *Loss on ignition* (LOI). Existeix una relació entre el TOC i el LOI amb un factor de conversió de 0.4.

Les **partícules en suspensió totals** (PTS) es presenten en forma d'argiles o llims en l'aigua fluvial. Encara que no arribin a estar dissoltes, són arrossegades per l'aigua de dues maneres: en suspensió estable (dissolucions col·loïdals); o en suspensió que només dura mentre el moviment de l'aigua les arrossega. Les suspenses coloidalment només precipitaran després d'haver patit coagulació o fluoculació (reunió de diverses partícules). Solen provenir de la resuspensió dels sediments o dels sòls de ribera. El seu valor s'expressa en mg/L . La legislació estableix un valor màxim de PTS de 25 mg/L (BOE, 2003a).

La **duresa de l'aigua** indica la quantitat total de ions alcalinoterris presents a l'aigua i constitueix un paràmetre de qualitat de les aigües d'interès domèstic o industrial. En les aigües naturals, la concentració de l'ió calci (Ca^{2+}) i l'ió magnesi (Mg^{2+}) és habitualment molt superior a la de la resta d'alcalinoterris, per la qual cosa la duresa és pràcticament igual a les concentracions de $[\text{Ca}^{2+}] + [\text{Mg}^{2+}]$. Tradicionalment, la duresa de l'aigua s'ha associat a la capacitat dels cations presents a la mateixa per substituir els ions sodi i potassi dels sabons, la qual cosa dóna lloc a grumolls insolubles que poden consumir una quantitat important del sabó que s'utilitza en la neteja. L'aigua dura deixa dipòsits sòlids de carbonat càlcic en les canonades podent arribar a obstruir-les. No obstant això, la duresa de l'aigua és beneficiosa per als cultius perquè els ions alcalinoterris tendeixen a fluocular les partícules col·loïdals del sòl, és dir afavoreixen la formació d'agregats dels esmentats col·loïdes, la qual cosa augmenta la permeabilitat del sòl a l'aigua. La duresa de l'aigua no es considera perjudicial per a la salut humana (BOE, 2003b).

La determinació dels diferents paràmetres físico-químics per l'aigua fluvial i/o l'aigua de consum es va efectuar, a partir de les al·lòtotes de la mostra inicial. Alguns dels paràmetres s'han de determinar *in situ*, tal i com indiquen les **Taules 5 i 6**, en el Laboratori de camp, d'altres en canvi es poden preservar i realitzar les anàlisi a posteriori al laboratori.

3.1.5.1- DETERMINACIONS AL LABORATORI DE CAMP

- **Temperatura:** mesurada amb una sonda CRISON (Crison T-637 thermometer) equipada amb un termocouple de platí (Pt100DIN). La sonda es calibra seguint la metodologia proposada per l'Associació Americana de Salut Pública (APHA-AWWA-WPCF, 2005a) i expressa la seva lectura en dècimes de grau centígrad ($^{\circ}\text{C}$), amb un error associat de ± 0.1 $^{\circ}\text{C}$.
- El **pH** de las mostres va ser determinat con un pH-metre portàtil CRISON de lectura digital centesimal, amb un elèctrode combinat de vidre-calomelans, i calibrat *in situ* abans de la seva utilització amb 3 patrons CRISON a 4.01 (± 0.02), 7.00 (± 0.02), 9.21 (± 0.02), a 25 $^{\circ}\text{C}$ (APHA-AWWA-WPCF, 2005b).
- La **conductivitat** va ser mesurada amb un conductímetre portàtil LabProcess, model WP EScan, graduat en $\mu\text{S}/\text{cm}$ i amb ajust de la temperatura de l'aigua per mesurar aquest

paràmetre. L'equip es calibra amb dues solucions estàndard de KCl (CRISON) de 1413 ± 12 i $12.88 \pm 0.11 \mu\text{S/cm}$ (APHA-AWWA-WPCF, 1989).

- L'**oxigen dissolt**, determinat utilitzant un oxímetre portàtil Oxi 45 CRISON, graduat en mg de O_2/L i en % de saturació. Aquest equip ha de calibrar-se abans de la seva utilització amb un patró de P/Electro Cellox i Durox (CRISON).
- La concentració de **nitrats** de l'aigua va ser analitzat semi-quantitativament amb un kit d'anàlisi ràpid Merck, on es compararen els resultats amb una escala de colors que relaciona el color amb la concentració en les aigües. Al laboratori, els nitrats de les mostres es van determinar mitjançant elèctrodes selectius a nitrats (CRISON), prèvia calibració de l'elèctrode amb una solució de 0.1N (APHA-AWWA-WPCF, 2005c).
- Els **nitrits** es van determinar utilitzant analítiques semi-quantitatives Merck, d'anàlisi ràpid que es compararen amb una escala de colors que relaciona el color amb la concentració de nitrats en les aigües.
- La **duresa de l'aigua**, va ser avaluada amb analítiques semi-quantitatives Merck.
- La concentració d'**ortofostats** i **fòsfor total** es va analitzar *in situ* utilitzant un test colorimètric semi-quantitatiu Merck, d'anàlisi ràpid on es compararen amb una escala de colors que relaciona el color amb la concentració en les aigües.
- Els **clorurs** de les mostres es van analitzar *in situ* utilitzant un test colorimètric semi-quantitatiu Merck.

3.1.5.2- DETERMINACIONS AL LABORATORI

- La determinació de la matèria o de les **partícules en suspensió de l'aigua fluvial**, es va efectuar per filtració de les mostres en filtres d'acetat de cel·lulosa Whatman de $0.45 \mu\text{m}$ de mida de porus, i es va determinar per gravimetria després de mantenir el filtre a $105.0 \text{ }^\circ\text{C} \pm 0.9 \text{ }^\circ\text{C}$ durant 24 hores (APHA-AWWA-WPCF, 1989).

- La concentració d'**amoni** de les mostres d'aigua es va determinar al laboratori mitjançant elèctrodes selectius a amoni (CRISON), mitjançant una calibració de l'elèctrode amb una solució 0.1M (APHA-AWWA-WPCF, 1989).
- Els **clorurs** de les mostres es van mesurar al laboratori mitjançant elèctrodes selectius a clorurs (CRISON), mitjançant una calibració de l'elèctrode amb una solució de 0.1N.
- **Matèria orgànica (TOC)**: La determinació de la pèrdua de pes per ignició (LOI) és una metodologia utilitzada en nombrosos estudis per a determinar gravimètricament el contingut en matèria orgànica i el contingut en carbonats dels sediments, sòls i les aigües (Heiri i col·ls., 2001). La pèrdua de pes experimentada per la mostra durant aquestes reaccions està estretament relacionada amb el contingut en matèria orgànica i carbonats de la mostra.

3.1.6- ANÀLISI DE METALLS EN AIGUA

Les anàlisi i determinacions de metalls es va dur a terme als Serveis Científico-tècnics de la Universitat de Barcelona (UB), mitjançant:

- Plasma d'inducció acoblat a espectrometria de masses (ICP-MS, Perkin Elmer Elan 6000).
- Espectròmetre d'ICP-MS Agilent 7500ce, amb cel·la de reacció per a eliminació d'interferències i generació d'hidrurs.
- Espectroscòpia d'emissió òptica de plasma acoblat inductivament (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 3200 RL).
- Espectrofotometria d'absorció atòmica amb forn de grafit (AAS-GF, Varian Spectrophotometer, Spectra A-30).

Les concentracions de metalls, les interferències presents a la mostra, els límits de detecció o la sensibilitat de la tècnica seran factors determinants per utilitzar una tècnica o una altra, i es llisten en la **Taula 8**. Els límits de detecció es calculen a partir del límit de quantificació de cada recta de calibratge.

En tots els casos, les determinacions es van sotmetre als corresponents controls de qualitat interns i externs. S'utilitzaren els mètodes estandarditzats i materials de referència certificats per organismes internacionals de referència (National Institute of Standards and

Technology – NIS). Els materials de referència certificats per les mostres d'aigua és el *River Water Reference Material for Trace Metals, NRC Canada, SLRS-4*. La recuperació dels metalls del material de referència certificat ha de ser entre el 80 i el 120%, per tal de considerar les anàlisis com a acceptables.

Taula 8- Tècniques d'anàlisi elemental de metalls en aigua fluvial, filtrada i de consum.

Metall	Tècnica Analítica	Límit de Detecció (ppb)	Interferències
Al		1.00 / 200.0	
Ba		0.10 / 10.00	
Mn	<i>ICP-MS / ICP-EOS</i>	0.10 / 10.00	
Pb		0.05 / 50.00	
V		0.20 / 20.00	Clorurs
Zn		0.50 / 10.00	Sulfurs de la mostra
As	<i>ICP-MS / HG-ICP-MS</i>	0.20 / 0.05	Clorurs de la mostra i alta
Se		0.20 / 0.05	conductivitat
Be		0.10	
Cd		0.05	
Cu		0.20	
Hg		0.20	
Mo		0.05	
Ni		0.20	
Sb		0.20	
Sn		0.10	
Tl		0.05	
Cr	<i>ICP-MS / AAS-GF</i>	0.50 / 1.50	Matèria orgànica Residual
Co		0.10 / 0.50	Duresa de l'aigua
Fe	<i>ICP-EOS</i>	10.00	

Cada sèrie de mostres va anar acompanyada de blancs i de repeticions de les mostres per tal de realitzar estudis de repetibilitat i reproductibilitat dels mètodes d'anàlisi, tal com indica la normativa internacional d'anàlisi marcada per la *Organization for Standardization (ISO 9000:2002)*. Aquesta norma permet la correcció de les mesures, i per tant, una correcta utilització d'aquests instruments en cada moment, la qual cosa ens assegura una bona traçabilitat dels resultats.

3.2- SÒLS I SEDIMENTS

El sòl i els sediments són bons monitors quan es tracta d'estudiar la contaminació a llarg termini (Schuhmacher i col·ls., 1996; 1997; 1998a; 1998b; 2004a; 2004b; Llobet i col·ls., 2002; Ferré-Huguet i col·ls., 2006; en premsa), i es poden fer servir com a referència de la concentració de metalls (Rosas, 2001). La part més crítica en un bon programa d'anàlisi de sòls o sediments és l'obtenció d'una mostra que sigui representativa (Petersen i Calvin, 1986). Existeixen diferents maneres d'obtenir una mostra representativa. El mostreig d'àrees involucra la selecció d'una àrea petita considerada representativa de l'àrea (uns 20 m² per cada hectàrea). Una mostra composta és adequada però no dóna idea de la variabilitat de l'àrea.

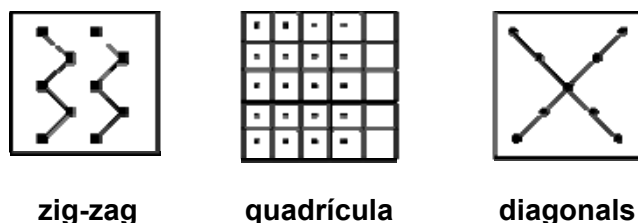


Figura 18- Tècniques de mostreig.

Per poder analitzar correctament una alíquota de sòls o sediments, cal utilitzar algunes de les diferents tècniques de mostreig, tal com es descriuen en la **Figura 18**. Un pla de mostreig molt utilitzat és la sistemàtica o en diagonal. Les mostres són preses a intervals regulars en quatre de les direccions. Aquest tipus de mostreig ha estat extensament acceptat a causa del potencial increment en l'exactitud de l'anàlisi de sòls i sediments. Proveeix d'informació molt valuosa sobre la variabilitat del camp o del sistema fluvial, sent l'eina necessària per a l'èxit dels sistemes de mostreig de precisió en moltes àrees.

En els camps de cultiu per exemple, cal pendre la mostra sempre després de la recol·lecció i abans d'abonar els camps (Petersen i Calvin, 1986). En el cas dels sòls de ribera, s'estableix que la distància màxima al riu ha de ser de 10 metres a partir del punt de màxima crescuda observable del riu. Per als sediments superficials i de ribera, la distància màxima a la llera del riu ha de ser de 2 metres. A més d'eleger el pla de mostreig en diagonal per reduir la variabilitat al mínim, els errors de mostreig han de ser minimitzats seguint tècniques de mostreig adequades, com les que es descriuen a continuació.

3.2.1- SÒLS EN PROFUNDITAT

La mostra de sòl en profunditat ha de ser representativa de la zona d'estudi, per tant, s'han de prendre alíqüotes de diversos punts seguint el model en diagonal (**Figura 18**), en un diàmetre màxim de 5 metres i a una profunditat entre 0 i més de 10 cm (Hoskins i Ross, 1995). En la **Figura 19** es pot observar la pauta de mostreig, així com l'aliquotat posterior de les mostres en segments de 4 cm de profunditat fins a una profunditat total de 20 cm aproximadament.

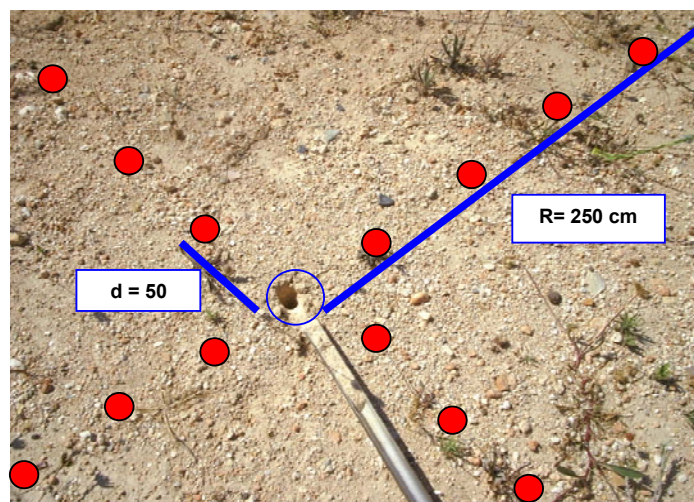


Figura 19- Tècnica de mostreig de sòls en diagonal i profunditat.

Cal assegurar la neteja del mostrejador o corer i aquest ha de ser fabricat en acer inoxidable (**Figura 20**). Una vegada preses la mostres, van ser conservades en bosses de polipropilè (PP) autosegellables i transparents, correctament identificades per ser transportades immediatament al laboratori.

3.2.2- SÒLS SUPERFICIALS

En el cas dels sòls superficials, les mostres es van prendre també seguint el pla de mostreig en diagonal, aproximadament en els 5 primers centímetres, tal i com es mostra a la **Figura 21**.

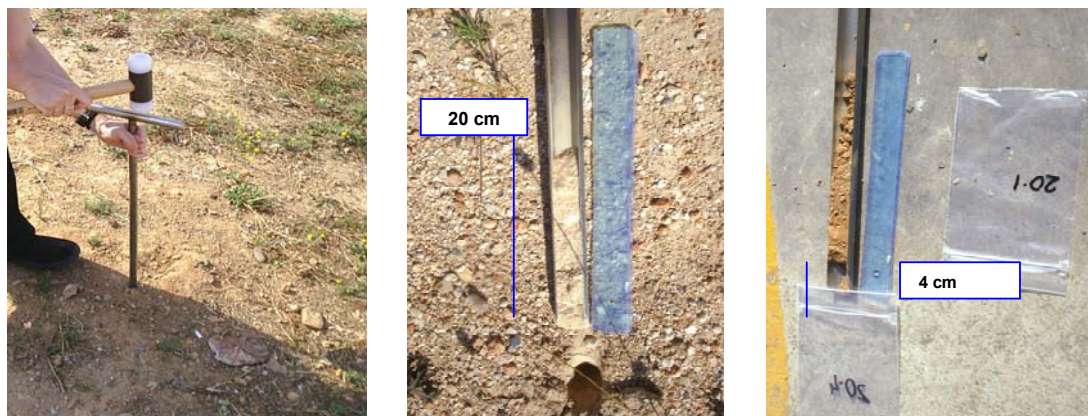


Figura 20- Presa de mostra de sòls en profunditat.

La metodologia de mostreig ha estat àmpliament utilitzada pel Laboratori de Toxicologia i Salut Mediambiental (Llobet i col·ls., 1999; 2002; Meneses i col·ls., 1999; Miller i col·ls., 2004; Nadal i col·ls., 2004b; Mari i col·ls., 2007; Ferré-Huguet i col·ls., en premsa) i per altres investigadors (Pérez i col·ls., 2000; Navas i Machín, 2002; Luster i col·ls., 2006; Overesch i col·ls., 2007). El sòl es va dipositar en borses de PE transparents, correctament identificades per ser transportades al laboratori.



Figura 21- Presa de mostra de sòls en superfície.

3.2.3- SEDIMENTS SUPERFICIALS

Per al mostreig dels sediments es va utilitzar un córer de mà d'acer inoxidable, utilitzant únicament 250 cm³ de sediment superficial humit. Aquesta quantitat representa només els 5 primers centímetres superiors del sediment (Audry i col·ls., 2004a; Kominkova i Benesova, 2004a; Demirak i col·ls., 2006). La tècnica de mostreig es representa a la **Figura 22**.



Figura 22- Presa de mostra de sediments fluvials superficials.

Es van prendre entre 5 i 10 rèpliques de sediments per a cada punt. Les mostres es dipositen en envasos de PP amb tancament hermètic, prèviament netejats, seguint el procediment descrit per a la determinació de metalls dels envasos d'aigua. Les mostres es conservaren entre 2 i 8°C, correctament identificades.

3.2.4- ANÀLISIS FÍSICO-QUÍMIQUES DE SÒLS I SEDIMENTS

L'anàlisi fisico-química de sòls i sediments són una eina imprescindible per estudiar els seus contaminants, ja que són moltes les variables que afecten a l'acumulació i la biodisponibilitat dels metalls en aquesta matriu (Navas i Machín, 2002). La toxicitat d'un agent contaminant no només depèn de la seva naturalesa tòxica sinó de les característiques del sòl on es trobi. Aquestes poden ser decisives perquè el metall sigui biodisponible, i a la vegada sigui tòxic pels éssers vius (De Miguel i col·ls., 2007). La sensibilitat dels sòls a l'agressió de certs agents contaminants serà molt diferent depenent d'una sèrie de característiques edàfiques.

Les anàlisis es van realitzar al Laboratori, sense pre-tractaments previs, abans que transcorreguessin 48 hores de la presa de mostres.

- **pH:** es realitzà amb un extracte sòl/sediment-aigua 1:1 (Agricultural Experiment Stations of USA, 1995; Eckert i col·ls., 1995; ASA, 1996) i es determinà amb un pH-metre CRISON de lectura digital centèsima, amb un elèctrode combinat de vidre-calomelans, calibrat abans de la seva utilització amb 3 patrons CRISON a 4.01 (± 0.02), 7.00 (± 0.02), 9.21 (± 0.02), a 20 °C.
- **Matèria orgànica (TOC):** es realitzà la determinació de la matèria orgànica total per oxidació i determinació de la pèrdua de pes per ignició (LOI). És una metodologia utilitzada

en nombrosos estudis per determinar gravimètricament el contingut en matèria orgànica i el contingut en carbonats dels sòls (Heiri i col·ls., 2001).

- **Contingut d'aigua (% Hum):** s'efectuà la determinació de la quantitat d'aigua de cada fracció per secat de les mostres a 100.0 ± 1.0 °C i determinació per gravimetria quan el pes és constant (aproximadament a les 48-72 h) (Agricultural Experiment Stations of USA, 1995).
- El mètode per quantificar generalment la concentració de les sals dels solubles en sòls és mesurar la **conductivitat elèctrica (EC)** de la solució del sòl o d'un extracte de l'aigua del sòl després de realitzar una dilució 1:1 o 2:1 (Ross, 1995). Es va mesurar amb un conductímetre portàtil LabProcess, model WP EScan, graduat en $\mu\text{S}/\text{cm}$ i amb ajust de la temperatura de l'aigua per mesurar aquest paràmetre. L'equip es calibra amb dues solucions estàndard de KCl (CRISON) de 1413 ± 12 i 12.88 ± 0.11 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (APHA-AWWA-WPCF, 1989).

3.2.5- PRE-TRACTAMENTS DE SÒLS I SEDIMENTS PER A LA DETERMINACIÓ DE METALLS

3.2.5.1- Assecat de les mostres

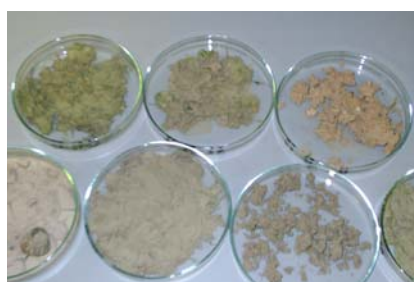
El contingut de metalls es pot expressar en pes fresc o en pes sec. Els sòls i sediments es processen d'acord amb el seu pes, per tant cal que a l'utilitzar mostres seques, que hagin estat tamisades, només així és possible aconseguir submostres representatives per a les anàlisis.

El material de vidre en contacte amb qualsevol mostra de la qual s'hagin determinar metalls, ha de seguir un procediment de neteja previ abans d'entrar en contacte amb les mostres. Es va submergir el material de vidre en un bany de 24 hores que contingui una solució d'àcid nítric del 10% (E. Merck, Darmstad, Alemanya). Posteriorment, es va esbandir amb aigua destil·lada, un mínim de tres vegades i finalment es va aclarir amb aigua ultrapura (MiliQ) abans del seu ús, de nou tres vegades, segons els mètodes descrits per l'Associació Americana de la Salut Pública (APHA-AWWA-WPCF, 1989).

La mostra es va estendre sobre una placa de petri de vidre, neta i seca i correctament etiquetada, en una fina capa a l'estufa a 45 ± 0.5 °C (Ma i col·ls., 1997). D'aquesta manera s'evita la presència de paper, que suposa un contaminant important per a la determinació de metalls pesants, i al seu torn la presència de qualsevol altre contaminant ambiental del laboratori. La mostra es va deixar a l'estufa durant 72 hores (Ferré-Huguet i col·ls., en premsa) (**Figura 23**).

3.2.5.2- Tamisat

Amb la finalitat d'homogeneïtzar les mostra una vegada seca, es va moldre amb un morter de porcellana i després es va passar per un tamís de 0.2 mm de diàmetre de malla. Posteriorment s'emmagatzemà en tubs de vidre nets, i en envasos de PP autosellables i correctament identificats fins a la seva posterior anàlisi (Lee i col·ls., 2005a; Ferré-Huguet i col·ls., en premsa) (**Figura 23**).



Assecar



Triturar



Tamisar (0.2 mm de malla)



Aliquotar

Figura 23- Pre-tractaments de les mostres

3.2.5.3- Digestió de les mostres per atac amb àcid nítric

La digestió de les mostres s'efectuà seguint una tècnica d'atac i digestió àcida segons els diferents procediments descrits en la bibliografia (Schuhmacher i col·ls., 1996; 1999; Llobet i col·ls., 1999; 2002; Nadal i col·ls., 2004b; 2005; Ferré-Huguet i col·ls., 2006). Es van prendre 0.50 ± 0.01 mg de mostra, i es van introduir en una bomba (recipient) de tefló. S'afegiren 5.00 ± 0.01 ml d'àcid nítric Suprapur (Merck, Germany) al 65% i es tancà la bomba. Es va mantenir a temperatura ambient durant 8 hores i després es va escalfar a 80.0 ± 0.3 °C durant 8 hores. A continuació les bombes es van portar a temperatura ambient.

Es va recollir la mostra dissolta en àcid nítric amb ajuda d'aigua bidestilada en un matràs aforat de classe A de Pírex de 25.00 ± 0.02 ml. Per tal d'evitar la presència de partícules en suspensió que poguessin interferir en la tècnica d'anàlisi posterior, i en cas de necessitat, s'hauria d'introduir el digerit en un tub de vidre net i es centrifugaria a 2000-3000 revolucions/minut durant 20 min (Miller i col·ls., 2004). El sobrenedant de la digestió es recollí amb ajuda d'una pipeta de plàstic. Finalment les mostres correctament identificades es guardaren a -21.0 ± 0.9 °C, fins a l'anàlisi de metalls (Mari i col·ls., 2007).

3.2.5.4- Evaporacions de les mostres

Per analitzar una mostra per AAS-GF, cal que el contingut àcid de la mostra sigui inferior al 1%, per la qual cosa es van evaporar els digerits fins a sequedat en un bany de sorra, aproximadament a uns 250 °C, per tal d'evaporar-lo. Posteriorment es van resuspendre amb aigua ultrapura (MiliQ) i es van recollir en un tub de vidre. Finalment, les mostres correctament identificades es guardaren a -21.0 ± 0.9 °C, fins a l'anàlisi de metalls per AAS-GF (Schuhmacher i col·ls., 1996; 1999; Llobet i col·ls., 1999; 2002; Nadal i col·ls., 2004b; 2005a; Ferré-Huguet i col·ls., 2006; Mari i col·ls., 2007). El factor de dilució de la mostra es va calcular a partir de pes inicial de la mostra digerida i el pes de l'aigua utilitzada per resuspendre'l.

3.2.6- ANÀLISI DE METALLS EN SÒLS I SEDIMENTS

Les determinacions de metalls es van efectuar als Serveis Científico-tècnics de la Universitat de Barcelona (UB), mitjançant:

- Plasma d'inducció acoblat a espectrometria de masses (ICP-MS, Perkin Elmer Elan 6000).
- Espectroscòpia d'emissió òptica de plasma acoblat inductivament (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 3200 RL).
- Espectrofotometria d'absorció atòmica amb forn de grafit (AAS-GF, Varian Spectrophotometer, Spectra A-30).

Les tècniques de determinació i quantificació de metalls en sòls i en sediments es descriuen a la **Taula 9**. Els límits de detecció són calculats utilitzant com a mesura de la determinació els límits de quantificació de cada recta de calibratge, suposant un pes mitjà de la mostra de 0.50 g i desfent les corresponents dilucions.

Taula 9. Tècniques d'anàlisi elemental de metalls en sòls superficials i en profunditat i sediments superficials.

Metall	Tècnica Analítica	Límit de Detecció (ppm)	Interferències
Al		100.00	
Ba		5.00	
Fe	<i>ICP-EOS</i>	5.00	
Mn		5.00	
Zn		5.00	Sulfurs de la mostra
As		0.10	Clorurs de la mostra
Be		0.05	
Cd		0.03	
Cu		0.10	
Hg		0.10	
Mo		0.03	
Ni *	<i>ICP-MS</i>	0.10	
Pb		0.03	
Sb		0.10	
Se		0.50	
Sn		0.05	
Tl		0.03	Clorurs de la mostra
V		0.10	
Cr		0.25	Matèria orgànica Residual
Co	<i>AAS-GF</i>	0.15	Carbonats càlcics
Ni +		0.20	Carbonats càlcics

* Només en sediments, + en sòls superficials i en profunditat

En tots els casos, les determinacions es sotmeten als corresponents controls de qualitat interns i externs. S'utilitzaren els mètodes estandarditzats i materials de referència certificats per organismes internacionals de referència. Els materials de referència certificats són : per les mostres de sòls superficials *CRM052-050 Trace elements on Loamy Clay del RTC (Resource Technology Corporation, USA)*, mentre que pels sediments s'utilitza *TORT-2, Lobster Hepatopancreas Reference Material for Trace Metals del NIST*. La recuperació dels metalls dels materials de referència certificats ha de ser entre el 80 i el 120%, per tal de considerar les anàlisis com a acceptables. Cada sèrie de mostres va anar acompanyada de blancs i de repeticions de les mostres per tal de realitzar estudis de repetibilitat i reproductibilitat dels mètodes d'anàlisi, tal com indica la normativa internacional d'anàlisi marcada per la *Organization for Standardization (ISO 9000:2002)*.

3.3- BIOTA FLUVIAL I DE RIBERA

La **biota fluvial** o les xantofícies (*Xanthophyceae Vaucheria T*) són considerats com a biomonitors de curt període d'exposició. Són espècies àmpliament distribuïdes en l'ecosistema de la conca (CHE, 1998). Són una alga molt comú d'aigua dolça que de vegades es pot trobar en zones marines. Sol estar unida als fangs i als sediments fluvials, i intercanvia, tant els nutrients com els contaminants amb l'aigua i els sediments (CHE, 1998; Kominkova i Benesova, 2004a). La biota fluvial de la zona de ribera s'extragué dels sediments amb cura de no produir resuspensions de partícules. Es rentà amb aigua de riu i es van dipositar en bosses de PP correctament identificades. Es conservà en fresc, a uns 4 °C, fins a ser tractada al Laboratori.



Figura 24- Biota fluvial (xantofícia) i mostreig.

3.3.1- PRE-TRACTAMENTS DE LES MOSTRES VEGETALS PER A LA DETERMINACIÓ DE METALLS

Les mostres recollides es van estendre sobre una placa de petri de vidre, neta i seca i correctament etiquetada, en una fina capa a l'estufa a 45 ± 0.5 °C. La mostra es deixà a l'estufa durant 72 hores. Seguidament els vegetals es triaren i separaren fins aconseguir que tota la biota fos de la mateixa espècie, i s'eliminaren els elements aliens o malmesos. Finalment es trituraren amb un morter de porcellana net i sec per tal d'homogeneïtzar-les, i es conservaren ben identificades en bosses de PP autosellables a temperatura ambient. A partir de les mostres fresques es determinà el % d'humitat, una vegada seques, per gravimentria.

3.3.2- DIGESTIÓ DE LES MOSTRES AMB ÀCID NÍTRIC

La digestió de les mostres s'efectuà seguint una tècnica d'atac i digestió àcida segons els diferents procediments descrits en la bibliografia (Llobet i col·ls., 1999; 2000; Schuhmacher i col·ls., 2002; Mari i col·ls., 2007). Es prengueren 0.50 ± 0.01 mg de mostra, i s'introduïren en una bomba (recipient) de tefló. S'afegiren 5.00 ± 0.01 ml d'àcid nítric Suprapur (Merck, Germany) al 65% i es tancà la bomba. Es va mantenir a temperatura ambient durant 8 hores i després es va escalfar a 80.0 ± 0.3 °C durant 8 hores. A continuació les bombes es van portar a temperatura ambient. Es va recollir la mostra dissolta en àcid nítric amb ajuda d'aigua bidestilada en un matràs aforat de classe A de Pírex de 25.00 ± 0.02 ml. Finalment els digerits, correctament identificats, es van conservar a -21.0 ± 0.9 °C, fins a l'anàlisi de metalls (Mari i col·ls., 2007).

3.3.3- EVAPORACIONS DE LES MOSTRES

Per analitzar una mostra per AAS-GF, cal que el contingut àcid de la mostra sigui inferior al 1%, per la qual cosa es van evaporar els digerits fins a sequedat en un bany de sorra, aproximadament a uns 250 °C, per tal d'evaporar-lo. Posteriorment es van ressuspendre amb aigua ultrapura (MiliQ) i es van recollir en un tub de vidre. Finalment, les mostres correctament identificades es guardaren a -21.0 ± 0.9 °C, fins a l'anàlisi de metalls per AAS-GF (Schuhmacher i col·ls., 1996; 1999; Llobet i col·ls., 1999; Mari i col·ls., 2007). El

factor de dilució de la mostra es va calcular a partir de pes inicial de la mostra digerida i el pes de l'aigua utilitzada per resuspendre'l.

3.3.4- ANÀLISI DE METALLS EN BIOTA

Les determinacions de metalls s'efectuaren als Serveis Científico-tècnics de la Universitat de Barcelona (UB), mitjançant:

- Plasma d'inducció acoblat a espectrometria de masses (ICP-MS, Perkin Elmer Elan 6000)
- Espectròmetre d'ICP-MS Agilent 7500ce, amb cel·la de reacció per a eliminació d'interferències i generació d'hidrurs.
- Espectroscòpia d'emissió òptica de plasma acoblat inductivament (ICP-OES, Perkin Elmer Optima 3200 RL.)
- Espectrofotometria d'absorció atòmica amb forn de grafit (AAS-GF, Varian Spectrophotometer, Spectra A-30).

Les tècniques de determinació i quantificació de metalls en biota fluvial es descriuen a la **Taula 10**. De nou, totes les sèries de digestions es van sotmetre als corresponents controls de qualitat interns i externs, materials de referència certificats (*TORT-2*). Cada sèrie de mostres va anar acompanyada de blancs i de repeticions. La recuperació dels metalls del material de referència certificat ha de ser entre el 80 i el 120%, per tal de considerar les anàlisis com a acceptables.

3.4- ANÀLISI ESTADÍSTICA I REPRESENTACIÓ DELS RESULTATS

La significació estadística dels resultats es valorà amb l'anàlisi de la variança (ANOVA), el test estadístic de la t de Student, el de Kruskal-Wallis, o el de la U de Mann-Whitney, segons si les mostres seguien una distribució paramètrica o no. Es considera significativa una probabilitat igual o menor a 0.05 ($P < 0.05$). La distribució de les concentracions de cada metall pesant, s'estudià mitjançant anàlisis de variança (ANOVA).

També s'aplicaren anàlisi de correlació entre les concentracions detectades i les diferents variables que caracteritzen el medi i l'anàlisi de components principals. Tots els càlculs s'executaren mitjançant el software del programa estadístic SPSS-14.00.

Taula 10- Tècniques d'anàlisi elemental de metalls en biota fluvial.

Metall	Tècnica Analítica	Límit de Detecció (ppm)	Interferències
Al⁺		100.00	
Ba⁺		5.00	
Fe	<i>ICP-EOS</i>	5.00	
Mn		5.00	
Zn		5.00	Sulfurs de la mostra
Be		0.05	
Cd		0.03	
Cu		0.10	
Hg		0.10	
Mo		0.03	
Ni	<i>ICP-MS</i>	0.10	
Pb		0.03	
Sb		0.10	
Se		0.50	
Sn		0.05	
Tl		0.03	
V		0.10	Clorurs de la mostra
As	<i>HG- ICP-MS</i>	0.10	Clorurs de la mostra
Cr		0.25	Matèria orgànica Residual
Co	<i>AAS-GF</i>	0.15	Carbonats càlcics

3.4.1 ANÀLISI DE COMPONENTS PRINCIPALS (ACP)

L'Anàlisi de Components Principals (ACP) és una eina estadística que permet simplificar i reduir la dimensionalitat d'un conjunt de dades amb nombroses variables. Un ACP té aquest objectiu: donades n observacions de p variables, s'analitza si és possible representar adequadament aquesta informació amb un menor nombre de variables construïdes com combinacions lineals de les originals (Schuhmacher i col·ls., 2004b). La seva utilitat és múltiple:

- Permet representar òptimament en un espai de menor dimensió observacions d'un espai general p -dimensional. En aquest sentit, els components principals són el primer pas per identificar les possibles variables latents, o no observades que generen les dades.
- Permet transformar les variables originals, en general correlacionades, en noves variables correlacionades, facilitant interpretacions de les dades.
- Un APC pot ser utilitzat com a eina o un tipus de classificador, ja que les dades transformades mantenen les característiques bàsiques de les dades inicials, la seva representació en dues o tres dimensions dóna una imatge del conjunt de dades inicial només amb una petita pèrdua d'informació. Com més properes es troben les dades en l'espai, major és la semblança entre elles.

3.4.2- ALGORITMES SELF-ORGANIZING MAP (SOM)

Kohonen va proposar originalment el seu mapa auto-organitzatiu, basant-se a la feina previ realitzat per von der Malsburg l'any 1973, com un model per a auto-organitzar els dominis visuals del cervell. El Self-Organizing Map (SOM) de Kohonen està format per un conjunt de vectors n -dimensionals, disposats en dues dimensions. Un SOM consisteix a una xarxa neuronal en forma de com si fos l'estructura d'una bresca d'abelles. Cada neurona és un vector del pes del dimensional (vector del prototip, vector del codebook) on apareixen totes les dimensions dels vectors de l'entrada o variables introduïdes. Les neurones estan connectades amb les neurones adjacents per una relació de veïnatge, que dicta la topologia, o l'estructura, del mapa. Cada neurona del SOM té associat un vector de pesos $m_i = [m_{i1}, \dots, m_{in}]^T$, on n és la dimensió de l'espai de entrada (Perán González i Herrero, 2001). El SOM de Kohonen, com molts altres mètodes heurístics, ha de ser entrenat amb el conjunt de dades que se'n van a representar.

Generalment, l'estructura de la xarxa es rectangular o hexagonal (Vesanto i col·ls., 1999). Per exemple, en la **Figura 25A** es representa la malla d'un SOM hexagonal, i en la **Figura 25B**, les concentracions d'un metall pesant, els dos formats per 7x5 neurones. Per exemple, a la **Figura 25A**, les mostres situades en la malla i marcades en el quadre vermell, que el SOM ha classificat a la part superior dreta, son aquelles que tenen una major concentració de Hg (més vermell a la **Figura 25B**).

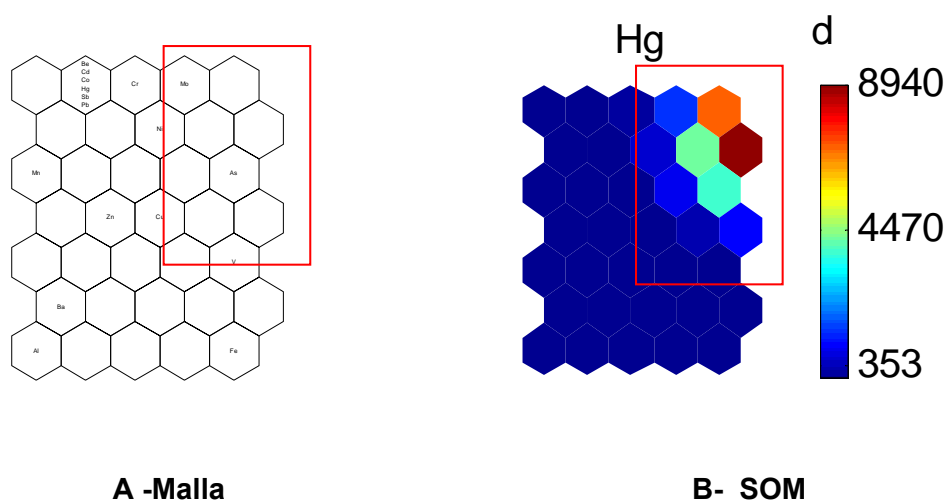


Figura 25- Model i representació mitjançant SOM de les dades de metalls.

La correlació entre els resultats es pot representar també mitjançant els algorismes SOM, i pot ser utilitzada també com a tècnica de classificació i agrupació de mostres per similituds en les concentracions de metalls. Tots els càlculs i representacions s'executaren mitjançant el software MatLab 6.1.

3.5- AVALUACIÓ DE RISCOS SOBRE LA SALUT HUMANA PER EXPOSICIÓ AMBIENTAL A METALLS

3.5.1- L'AVAUACIÓ DEL RISC PER A LA POBLACIÓ

Per tal d'avaluar el risc per exposició a metalls a partir de l'aigua de consum i els sòls superficials, les poblacions estudiades es van dividir en 3 trams de mostreig (**Figura 26**). En el riu Ebre, el mostreig es va realitzar pel **Tram Alt** al Càmping de Riba-Roja (**1**), a l'Embassament de Riba - Roja (**2**), al Club nàutic de Flix (**3**), a Flix (**4**), Ascó (**5**) i Garcia (**6**); per al **Tram Baix**: Móra d'Ebre (**7**), Benifallet (**8**), Xerta (**9**), Tortosa (**10**) i Deltebre (**11**) (**Figura 26**). Els punts corresponents al **Tram Priorat** codificats del 12 al 20, es van prendre a la Comarca del Priorat, als rius Siurana (**12**: Embassament de Siurana; **13**: Torroja del Priorat; **15**: Gratallops; **16**: Falset; **17**: Bellmunt del Priorat i **18**: Masroig), al Riu Cortiella (**14** a Porrera) i al Riu Montsant (**19**: Pantà de Margalef; **20**: Margalef i **21**: La Vilella Baixa). Per al **Tram 5**, i degut a que les aigües de consum de la Comarca del Priorat (**Taula 4**) són

principalment d'origen fluvial, i a causa de la manca de dades d'aigua de consum, les fluvials hauran de ser considerades com a aigua d'abastament municipal. Els períodes de mostreig per a tots els trams es llisten a la **Taula 11**.

Coïncidint amb la realització de la beca finançada per la Fundació Mapfre per generar una programa en Microsoft Access, es van estudiar sòls en profunditat en 10 poblacions de la conca catalana del riu Ebre, que es van dividir en 4 trams de mostreig. La primera cata de sòls es va realitzar durant el mes de Maig del 2006, i posteriorment es van agafar mostres a l'Octubre i al Desembre del mateix any per validar el model inicial per l'aplicació *SHM Metales Pesados en Suelos*. En aquest estudi, només s'utilitzaran les dades corresponents al mes de maig del 2006. Amb les concentracions de metalls en sòls superficials (0-4 cm), mitjans (de 5 a 10 cm) i profunds (< 10 cm), i juntament amb les dades d'aquesta tesi, es va crear l'aplicació *SHM Metales Pesados en Suelos* basada en el model multicompartimental CalTox.

Taula 11- Períodes de mostreig per a l'avaluació del risc per a la població.

	Tram Alt i Baix	Tram Priorat
AIGUA DE CONSUM	Març i Agost 2006	Gener, Abril, Octubre del 2006 i Gener i Abril del 2007
SÒLS SUPERFICIALS	Març 2005, Març 2006 i Maig 2006	Gener, Abril, Octubre del 2006 i Gener i Abril del 2007

El programa dissenyat permet que cada usuari pugui, en funció d'un escenari particular, del qual en descriu el tipus de sòl, les condicions climàtiques o del medi que es transporta, així com les concentracions inicials de metalls i els inputs introduïts per l'usuari, predir la concentració de metalls fins a 6 anys després de la seva contaminació en els diferents compartiments ambientals (aire, aigua fluvial, sediments, aigua subterrània, i sòls a 3 profunditats). Els metalls que inclou l'aplicació són: l'arsènic, el beril·li, el cadmi, el crom, el mercuri, el manganès, el níquel, el plom, el tal·li i el vanadi.

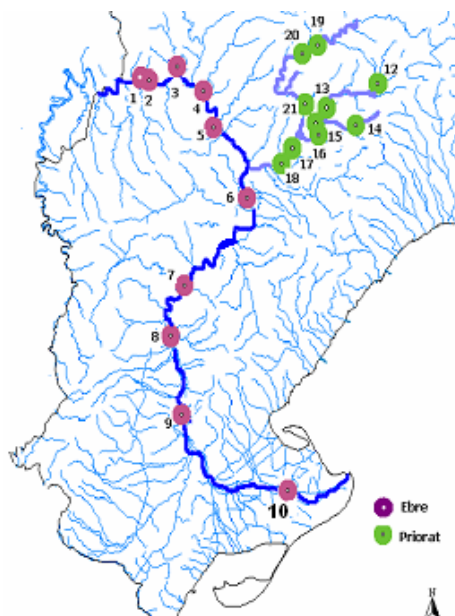


Figura 26- Localitats on es van mostrejar aigua fluvial i de aigua de consum i sòls superficials.

3.5.2- EXPOSICIÓ A METALLS

L'avaluació del risc per metalls permet estimar els efectes que potencialment es poden donar sobre la salut de la població exposada ambientalment (US EPA, 1999; EC, 2003). Per determinar el risc intrínsec associat, cal determinar la relació entre la dosi, a la qual cada individu de manera individual pot resultar exposat i que pot predir-se, i la resposta o efectes adversos sobre la salut que presumptament puguin ocórrer a partir de l'exposició (US EPA, 1999; EC, 2003). Per calcular els nivells d'exposició de la població, es consideren les diferents vies característiques en aquests tipus de situacions a partir dels diferents compartiments ambientals (Hawley, 1985; Sexton i col·ls., 1995; US EPA, 1999; US EPA, 2001).

3.5.2.1- Exposició a metalls de l'aigua de consum

3.5.2.2- Exposició ambiental a partir dels sòls

3.5.2.3- Introducció de la variabilitat i la incertesa de l'exposició ambiental

L'avaluació del risc per a la població es realitza amb els següents metalls i metal·loides: **Al, As, Be, Cd, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V i Zn**

3.5.2.1- Exposició a metalls de l'aigua de consum

a) Comparació amb els valors legiscats

Per als metalls les concentracions es poden comparar amb els establerts per la legislació per a aigües destinades a consum humà, en el *Real Decreto 140/2003* (BOE, 2003b). La US EPA va establir al 2004 uns nivells de seguretat per a la ingesta d'aigua, expressats en mg/L (US EPA, 2001; 2004b).

- Per als **nens**, es va establir el valor de **one-day** i **ten-day**. Aquests són considerats com a concentracions en aigua de consum que no han de ser superades i que no són causants d'efectes no carcinogènics després d'un i deu dies d'exposició, respectivament.
- Per **adults**, la US EPA ha establert els valors de seguretat de: **Maximum Contaminant Level Goal (MCLG)** i **Drinking Water Equivalent Level (DWEL)**, que es defineixen com a valor d'exposició per als quals no es coneixen efectes adversos no cancerígens, sobre la salut de les persones i que permeten un marge adequat de seguretat, per una intoxicació aguda (MCLG) i per una intoxicació crònica en adults de 70 anys d'edat (DWEL).

Per avaluar l'exposició per ingesta i absorció dèrmica de metalls a partir de l'aigua s'utilitza la metodologia proposada per la US EPA (2005). Aquesta ha estat àmpliament utilitzada per diferents investigadors fins a l'actualitat per a l'anàlisi de riscos no cancerígens, derivats de l'exposició per ingestió i absorció dèrmica d'aigua (Lee i col·ls., 2005a; Rodrigues i Formoso, 2005).

b) Ingesta d'aigua: Estimated oral dose (EDD_w)

La ingesta diària de cada metall pesant a partir de l'aigua per la població vindrà determinada per la següent equació:

$$EDD_w = (C_w \cdot I_w \cdot ED \cdot EF) / (AT \cdot BW)$$

On EDD_w es la ingesta de un determinat metall pesant en aigua (mg/kg/dia); C_w es la concentració per a cada metall en aigua (mg/L), I_w és la ingesta diària d'aigua de beguda

(L/dia); ED es el període d'exposició (anys); EF és la freqüència d'exposició (365 dies/any); AT és el període de duració dels efectes (dies); i BW es el pes corporal mitjà de la població a estudiar (Kg). Així mateix, el càlcul de l'exposició per aquells elements carcinogènics s'aplicarà l'expressió anterior, amb la suposició de que AT es 25,550 dies (70 anys).

c) Absorció dèrmica: Estimated daily metal dermal absorption (Der_w)

Amb la finalitat de calcular l'absorció dèrmica per a cada metall pesant s'aplicarà la següent equació (US EPA, 2005) :

$$Der_w = C_w \cdot SA \cdot K_p \cdot EF \cdot ED \cdot ET \cdot (L / 1,000 \text{ cm}^3) \cdot (10,000 \text{ cm}^2 / \text{m}^2) / AT \cdot BW$$

On Der_w és l'exposició per contacte dèrmic d'aigua (mg/kg/dia); C_w és la concentració de contaminant en l'aigua (mg/L); SA és la superfície de pell exposada (cm^2/Kg); K_p és la constant de permeabilitat per a cada metall pesant (cm/h); EF es la freqüència d'exposició (365 dies/any); ED és el període d'exposició (anys); ET és el període d'exposició a la dutxa (h/dia); AT_{NC} és el període de duració dels efectes (dies); i BW es el pes corporal (kg).

Amb el càlcul de la ingestió de metalls a través de l'aigua, per aquells elements carcinogènics s'aplica l'expressió anterior, amb la suposició de que AT_c es 25,550 dies (70 anys).

3.5.2.2- Exposició a metalls a partir dels sòls

a) Comparació amb els valors legiscats

La Generalitat de Catalunya, va establir uns criteris provisionals, des de l'any 1995, de qualitat del sòl seguint la línia de les llistes de concentracions de substàncies contaminants al sòl existents a altres països europeus i nord-americans (Cortes, 1995; Busquet, 1997). En l'elaboració dels criteris provisionals de qualitat del sòl només es van tractar els casos de contaminació puntual, o focus concentrats de dimensions limitades, i d'origen exògen, és a dir, prescindint de contaminacions d'origen natural.

A partir de les concentracions detectades en els sòls, les concentracions es comparen amb els nivells actuals de contaminació per sòls de tipus residencial dels PRGs (US EPA, 2004c). Els PRGs són valors límits per damunt dels quals es fa necessària una remediació dels sòls, i per tant, per sota dels quals es suposa que no hi ha perill per a la població resident en l'àrea (Shan i Javandel, 2005). Aquesta comparació es pot realitzar tant en substàncies de tipus cancerigen com no cancerigen i s'expressa en forma de percentatge:

$$\% \text{ Soil Screening Level } NC = C_{soil} \cdot 100 / C_{\text{Non-cancer endpoint}}$$

$$\% \text{ Soil Screening Level } C = C_{soil} \cdot 100 / C_{\text{cancer endpoint}}$$

On % *Soil Screening Level* és percentatge de comparació entre el sòl i el valor establert per la USA EPA per sòls residencials, *NC* per metalls no cancerigens, mentre que *C* ho és per cancerigens; *C_{soil}* és la concentració del sòl expressada en mg/kg i *C_{Non-cancer endpoint}* i *C_{cancer endpoint}* són les concentracions límits en sòls expressada en mg/kg.

Taula 12- Criteris provisionals de Qualitat del sòl a Catalunya (mg/kg) (Cortes, 1995: Busquet, 1997).

	Valors de Referència (Busquet, 1997)	Ús no industrial (Busquet, 1997)	Ús industrial (Cortes, 1995)
Ni	49.0	250.0	700.0
Cd	1.5	3.5	70.0
As	5.0	30.0	140.0
Cu	55.0	270.0	1000.0
Pb	70.0	300.0	1000.0
Hg	1.1	10.0	25.0
Zn	178.0	450.0	3000.0
Cr(III)	-	200.0	700.0
Cr(VI)	-	0.0	0.1
Ba	-	525.0	3600.0
Co	10.0	85.0	200.0
Mo	4.4	90.0	700.0

Per avaluar l'exposició predita als metalls que provenen dels sòls i de les partícules en suspensió, s'utilitza una metodologia àmpliament utilitzada pel grup d'investigació del Laboratori de Toxicologia i Salut Mediambiental de la Universitat Rovira i Virgili per a l'anàlisi de riscos derivats de l'exposició a diferents fonts urbanes i industrials (Granero i Domingo, 2002; Nadal i col·ls., 2004c; Nadal i col·ls., 2005a; Mari i col·ls., 2007).

b) Ingesta de sòls:

L'exposició a metalls no cancerígens per ingesta de sòls en suspensió i pols es calcula a partir de la següent equació:

$$Ing_{soil} = C_{soil} \cdot I_{sp} \cdot (kg/1,000 mg) / BW$$

On Ing_{soil} és la ingesta de sòls (mg/kg/dia); C_{soil} és la concentració de contaminant en el sòl (mg/kg); I_{sp} és la ingesta diària de partícules de sòls (kg/dia); i BW és el pes corporal (kg).

Així mateix, el càlcul de l'exposició per aquells elements cancerígens s'efectua mitjançant la següent equació:

$$Ing_{soil} = C_{soil} \cdot I_{sp} \cdot (kg/1,000 mg) \cdot EF \cdot ED / AT \cdot BW$$

On Ing_{soil} és la ingesta de sòl (mg/kg/dia); C_{soil} és la concentració de contaminant en el sòl (mg/kg); I_{sp} és la ingesta diària de partícules de sòl (kg/dia); EF és la freqüència d'exposició (dies/any); ED és el període d'exposició (anys); AT és el període de duració dels efectes (dies); i BW és el pes corporal (kg).

c) Absorció dèrmica de metalls dels sòls

L'absorció dèrmica dels sòls en suspensió es calcula a partir de les següents expressions matemàtiques:

- Per als elements no cancerígens: $Der_{soil} = C_{soil} \cdot SA \cdot Der \cdot ABS / BW$

On Der_{soil} és l'absorció dèrmica de sòl (mg/kg/dia); C_{soil} és la concentració de contaminant en el sòl (mg/kg); SA és la superfície de pell exposada (m²/dia); Der és la cobertura de la pell en contacte amb el sòl (kg/m²); ABS és el factor d'absorció dèrmica (sense unitats); i BW és el pes corporal (kg).

- Per als metalls cancerígens: $Der_{soil} = C_{soil} \cdot EF \cdot SA \cdot Der \cdot ABS \cdot ED / AT \cdot BW$

On Der_{soil} és l'absorció dèrmica de sòl (mg/kg/dia); C_{soil} és la concentració de contaminant en el sòl (mg/kg); EF és la freqüència d'exposició (dies/any); SA és la superfície de pell exposada (m^2 /dia); Der és la cobertura de la pell en contacte amb el sòl (kg/m^2); ABS és el factor d'absorció dèrmica (sense unitats); ED és el període d'exposició (anys); AT és el període de duració dels efectes (dies); i BW és el pes corporal (kg).

d) Inhalació de partícules de sòls amb metalls

L'avaluació de l'exposició a metalls per inhalació de la matèria particulada de l'aire s'efectua mitjançant la següent equació:

$$Inh_{soil} = C_{soil} \cdot C_{pm} \cdot f_s \cdot V_r \cdot 10^6 / BW$$

On Inh és l'exposició per inhalació (mg/kg/dia); C_{soil} és la concentració de contaminant en el sòl (mg/kg); C_{pm} és la concentració de partícules en l'aire ($\mu g/m^3$); f_s és el factor de resuspensió de sòls (adimensional); V_r es el ritme de respiració (m^3 /dia); i BW és el pes corporal (kg).

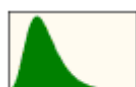
3.5.2.3- Introducció de la variabilitat de l'exposició ambiental

L'anàlisi de risc comporta a totes les seves etapes, una potencial variabilitat en les dades, derivada de la pròpia heterogeneïtat de la població (diferències en el pes corporal, ritme de respiració, susceptibilitat individual, etc.). Així mateix, també comporta certa incertesa, deguda a la falta de coneixement total de les dades. En conseqüència, els últims anys ha anat en augment l'ús d'eines probabilístiques que poden manejar les esmentades variabilitats i incerteses. Entre elles, l'anàlisi de Monte-Carlo ha estat un dels més utilitzats, seguint la recomanació de la US EPA (1997).

En l'avaluació de l'exposició s'utilitzà el mètode Monte-Carlo, una aplicació d'Excel mitjançant Crystal Ball 4.0. La simulació Monte-Carlo permet la possibilitat de determinar la incertesa i la variabilitat associada a paràmetres de la via d'exposició i incorporar-los a les avaluacions del risc (Schuhmacher i col·ls., 2001). Agrupa una sèrie de procediments que analitzen distribucions de variables aleatòries usant simulació de números aleatoris. A vegades, l'aplicació del mètode de Monte-Carlo s'usa per analitzar problemes que no tenen

un component aleatori explícit; en aquests casos un paràmetre determinista del problema s'expressa com una distribució aleatòria i es simula l'esmentada distribució.

Per la variabilitat de cada terme, amb diferents rangs de valors, cal definir els possibles valors amb una distribució de la probabilitat. Els tipus de distribució seleccionats es basen en les condicions que envolten a cada variable. En diferents taules es presenten la descripció dels paràmetres de distribució per l'avaluació del risc. Es suposarà que la distribució de les concentracions de metalls és *lognormal* (Schuhmacher i col·ls., 2001), mentre que per la resta de les variables que s'inclouen en l'anàlisi, la distribució podrà ser de tipus:



Lognormal

Valor més freqüent o mitjana i la seva desviació estàndard



Triangular

Valors màxims i mínims i els més freqüents.

Crystal Ball utilitza una simulació de Monte-Carlo per a propagar les distribucions. La simulació de Monte-Carlo calcula el risc milers de vegades per als diferents valors dels paràmetres i les seves funcions de distribució, que es presenten a la **Taula 13**. En l'estudi actual, s'utilitza una mida de mostra de 10,000. El resultat final genera una distribució del risc amb les probabilitats corresponents. Per analitzar els resultats, s'expressaran les avaluacions del risc amb els valors mitjans de l'exposició, la mediana, així com els percentils 50% i 90%.

3.5.3- CARACTERITZACIÓ DEL RISC

3.5.3.1- Risc no cancerigen

El risc no cancerigen es troba calculant el **Quocient de Risc** (*Hazard Quotient* o *HQ*). Aquest s'obté comparant l'exposició total de cadascuna de les substàncies contaminants amb caràcter no carcinogen amb la dosi de referència (**RfD**, *Reference Dose*) establerta per a cada via d'exposició (ingesta, absorció dèrmica i inhalació) (US EPA, 2004a; 2004b; EC, 2003), tant de sòls com d'aigua de consum.

Taula 13- Paràmetres d'incertesa i distribucions estadístiques utilitzades en els models d'avaluació del risc de sòls i aigua.

Paràmetre	Símbol	Unitats	Distribució	PE	Mitjana	S.D.	Min	Max	Likeliest	Referència
Concentració	<i>C_w</i>	mg/L								
Ingesta diària d'aigua	<i>D_{lw}</i>	L/dia	Lognormal	2.00	1.26	0.66				(Smith, 1994)
Pes corporal Adult	<i>BW_{adult}</i>	Kg	Lognormal	70.00	77.10	13.50				(Smith, 1994)
Pes corporal Nen	<i>BW_{nen}</i>	Kg	Triangular	15.00			6.50	26.10	15.00	(Smith, 1994)
Duració de l'exposició Cancerígens	<i>T_{C adult}</i> <i>T_{C nen}</i>	any	Lognormal	30	11.60	13.72				(US EPA, 1996)
Duració de l'exposició No cancerígens	<i>T_{NC}</i> <i>Tothom</i> <i>Llogaters</i> <i>Propietaris</i> <i>Grangers</i> <i>Zona Urbana</i> <i>Zona Rural</i>	any	Lognormal	4.55	0.60	8.68				(US EPA, 1996)
Període de duració dels efectes, No cancerígens	<i>AT_{NC}</i>	dia	Lognormal	ED *365						
Període de duració dels efectes, Cancerígens	<i>AT_{C adult}</i> <i>AT_{C nen}</i>	dia	Lognormal	25550	4234	5007.8				Calculat a partir de ED*365
Freqüència d'Exposició	<i>EF</i>	dia/any	Triangular	350			180	365	345	(Smith, 1994)

PE: valor més probable; S.D. : desviació estàndard; Min: mínim; Max: màxim; Likeliest: valor més comú; NC: No cancerígens; C: cancerígens.

Taula 13 (Continuació) - Paràmetres d'incertesa i distribucions estadístiques utilitzades en els models d'avaluació del risc de sòls i aigua.

Paràmetre	Símbol	Unitats	Distribució	PE	Mitjana	S.D.	Min	Max	Likeliest	Referència
Àrea superficial total	SA de 0-2 anys	cm ² /Kg	Lognormal		641	114				(US EPA, 1996)
	SA de 2-18 years	cm ² /Kg	Lognormal		423	76				(US EPA, 1996)
	SA de >18 years	cm ² /Kg	Lognormal	194.0	248	28				(US EPA, 1996)
	SA adult	cm ² /Kg	Normal	270.0	250	30				(US EPA, 1996)
Constant de permeabilitat	<i>K_{pi}</i>	cm/h	-							(US EPA, 1992)
Velocitat d'ingesta de sòls	<i>IRc nen</i>	mg/dia	Triangular	200.0			5	500.0	100.0	(US EPA, 1996)
	<i>IRa adult</i>	mg/dia	Triangular	100.0			0.1	50.0	100.0	(US EPA, 1996)
Ritme de respiració	<i>V_r</i>	m ³ /dia	Uniforme				5.04	17.76		(Smith, 1994)
Factor de resuspensió de sòls	<i>fs nen</i>	-		0.5						(Granero i Domingo, 2002)
	<i>fs adult</i>	-		0.5						
Duració de l'exposició durant el bany	<i>ET</i>	min/dia	Triangular	12			8.0	20.0	12.0	(Smith, 1994)
		h/dia	Triangular	0.25			0.1	0.3	0.2	(Smith, 1994)

PE: valor més probable; S.D. : desviació estàndard; Min: mínim; Max: màxim; Likeliest: valor més comú; NC: No cancerígens; C: cancerígens.

Els metalls i metal·loides avaluats són:

- Al
- As
- Be
- Cd
- Cr
- Fe
- Hg
- Mn
- Pb
- Ni
- V
- Zn

Una **RfD** és una quantitat aproximada d'un contaminant al qual pot exposar-se un individu diàriament per diferents vies (ingesta, inhalació, absorció dèrmica). Si l'exposició és inferior, no es considera que pugui tenir efectes adversos sobre la salut d'aquest individu durant tota la seva vida (US EPA, 1999). Només en aquells casos en els quals HQ sigui més gran d'1, se suposarà que existeix cert risc no cancerigen per a la població (Smith, 1994; Granero i Domingo, 2002; Nadal i col·ls., 2004c; 2005a; Lee i col·ls., 2005a; Rodrigues i Formoso, 2005; Mari i col·ls., 2007). Quan HQ és inferior a 1, no s'ha superat el valor de referència i que per tant, l'exposició predita per al conjunt dels metalls estudiats es troba dins dels llindars considerats major segurs per a la població. En el cas contrari, existeix la possibilitat que aparegui algun efecte de tipus no cancerigen (per exemple, dermatitis, inflamacions de les vies respiratòries, al·lèrgies, queratosi, etc.) associat a l'exposició.

D'altra banda, i atès que l'exposició provindrà de diferents tipus de substàncies i a través de diferents vies, s'agregaran els valors de HQ en un valor global, comunament conegut com a **Índex de Risc** (*Hazard Index o HI*). El HI s'expressa com la suma de tots el HQ per una mateixa via d'exposició, normalitzats per la quantitat de metalls que s'han considerat per cada via (US EPA, 2004c; Ferré-Hugueta i col·ls., 2007; Mari i col·ls., 2007).

3.5.3.2- Risc cancerigen

L'Agència Internacional de per la Recerca del Càncer (IARC,) ha inclòs en el grup dels possibles i probables agents carcinògens en humans a l'As, Be, Cd, i el Cr VI (Ferrer, 2003). El risc cancerigen (RC) descriu la probabilitat de desenvolupar càncer després d'un

temps d'exposició determinat, 6 anys per als nens i 70 anys per als adults (US EPA, 2001; Schuhmacher i col·ls., 2004a).

Per avaluar el risc cancerigen addicional dels metalls considerats com cancerígens, es calcula l'exposició estimada i es té en compte la potència cancerígena de cada metall (US EPA, 2001, 2004; Boffetta i Nyberg, 2003; Nadal i col·ls., 2004c). Es calcula multiplicant l'exposició total resultant amb el factor de potència cancerígena (**Slope Factor** o SF) de cadascuna dels elements carcinògens, a través de les diferents vies d'exposició.

Taula 14- Metalls carcinogènics segons les diferents vies d'exposició i compartiments ambientals estudiats (US EPA, 2001; EC, 2003).

	Inhalació	Absorció dèrmica	Ingesta
Al			
As	Carcinogènic	Carcinogènic	Carcinogènic
Be			Carcinogènic
Cd	Carcinogènic		
Cr	Carcinogènic		
Fe			
Hg			
Mn			
Ni			
Pb			
V			
Zn			

El risc cancerigen total (RCT) per cada via d'exposició es determina com la suma dels riscos cancerígens individuals de cada metall. Pel RC i RCT, la US EPA estableix que:

- Si el valor resultant és **inferior a 10^6** , es considera que no existeix cap risc per a la població.
- Si aquest es troba en un rang entre **10^6 i 10^4** , el risc pot ser assumible, però es recomana realitzar accions correctores per reduir el possible risc associat.
- Si és **superior a 10^4** , el risc no pot ser assumible, i això pot suposar un augment del nombre de càncers potencials associats a l'exposició ambiental.

3.5.4- AVALUACIÓ DEL RISC PER LA POBLACIÓ AMB L'APLICACIÓ HRA METALES PESADOS

Coincidint amb la realització de la beca finançada per la Fundació Mapfre es va generar una aplicació informàtica en suport Microsoft Access que avalua l'exposició ambiental a metalls a partir de l'aigua, sòls i aire. El propòsit del programa **HRA Metales Pesados**, és que cada usuari pugui, en funció de les seves característiques personals (edat i pes corporal), i del lloc en el qual habita, determinar la seva pròpia exposició a metalls i el possible risc que suposa per a la seva salut. Permet també establir si la presència de metalls a la zona en la qual habita, supera els valors establerts per la legislació. L'aplicació facilita l'adquisició de les dades necessaris per executar-la, tant de concentracions de metalls en aigua, com en sòls superficials i en aire de diferents regions espanyoles. Durant la seva execució intenta guiar a l'usuari i resoldre els dubtes que li puguin sorgir, bé siguin de funcionament, de contingut, o sobre els possibles efectes sobre la salut dels metalls pesants.

Les vies d'exposició que es contemplen són: la inhalació d'aire, la ingesta i l'absorció cutània (dutxa/bany) de metalls a l'aigua, i finalment la ingesta, absorció dèrmica i inhalació de partícules de pols que provenen dels sòls potencialment contaminats. L'avaluació del risc es realitza per diferents metalls segons el compartiment ambiental al qual pertanyen. Els metalls avaluats són: alumini (Al), arsènic (As), beril·li (Be), cadmi (Cd), crom total (Cr), crom III (Cr III o Cr^{3+}), crom VI (Cr VI o Cr^{6+}), coure (Cu), ferro (Fe), mercuri (Hg), metilmercuri (MeHg), manganès (Mn), níquel (Ni), plom (Pb), vanadi (V) i zinc (Zn). Els resultats es presenten per a l'aigua, els sòls i l'aire. *HRA Metales Pesados* facilita l'adquisició de les dades necessaris en diferents regions espanyoles i intenta resoldre els dubtes que puguin sorgir a l'usuari durant l'execució de contingut, toxicitat o possibles efectes sobre la salut.

3.6- AVALUACIÓ DEL RISC PER L'ECOSISTEMA

L'avaluació dels risc ecològic (ERA) requereix, no només la determinació de tòxics ambientals mitjançant l'anàlisi química, la detecció i quantificació, sinó que també es nodreix de l'avaluació dels possibles efectes i les distribucions d'aquests contaminants en el medi (Chapman i col·ls., 2003; Chandra Sekhar i col·ls., 2005). Conèixer el fraccionament d'un

metall entre dues matrius o fases en contacte és molt important, perquè la quantitat de matèria particulada de l'aigua sovint indica la quantitat de substàncies nocives presents en el medi (Kominkova i Benesova, 2004b). Els elements perillosos són freqüentment transportats, en fase dissolta o bé units a les formes particulades. Aquestes formes depenen del tipus de substància i de les condicions ambientals del medi on són transportades. Per exemple, cada corrent d'un riu transporta diferents quantitats de partícules en suspensió, les quals o bé es mantenen en suspensió per efectes del cabal del riu o bé es dipositen en les sediments (Ramos i col·ls., 1999; Pekey i col·ls., 2004; Ouyang i col·ls., 2006b), aquest sediments són l'aliment dels organismes bentònics que viuen en el fons de la llera del riu, i en la majoria dels casos s'alimenten de plàncton que pot estar contaminat amb metalls pesants. Les deposicions d'aquests metalls units a fases particulades sovint com un dipòsit de contaminants i per tant aquests invertebrats ingereixen de forma indiscriminades les partícules dels sediments mentre fondegen (Fergusson, 1990). Per altra banda, les concentracions en la biota o les plantes aquàtiques són sovint utilitzades en l'avaluació del risc ecològic (Samecka-Cymerman i Kempers, 2004).

Per tal d'avaluar el risc per l'ecosistema, es van prendre mostres d'aigua fluvial, sediments i biota aquàtica al llarg de la conca catalana del riu Ebre i els seus afluents i es va dividir la conca en 6 Trams de mostreig (**Taula 15**).

Taula 15- Períodes de mostreig per a l'avaluació del risc ecològic.

	Tram 1	Tram 2	Tram 3	Tram 4	Tram 5	Tram 6
AIGUA FLUVIAL					Gener, Abril, Octubre del 2006 i Gener i Abril del 2007	
SEDIMENTS SUPERFICIALS		Març 2005, Març 2006				Març 2005 i Març 2006
BIOTA FLUVIAL						

En el riu Ebre, el mostreig es va realitzar pel **Tram 1** al Càmping de Riba-Roja (1), a l'Embassament de Riba - Roja (2) i al Club nàutic de Flix (3). Pel **Tram 2**: a Flix (4), Ascó (5) i Garcia (6); pel **Tram 3**: Móra d'Ebre (7), Benifallet (8) i Xerta (9) i finalment pel **Tram 4**, les

mostres es van prendre a Tortosa (10) i Deltebre (11) (Figura 27). Els punts corresponents al **Tram 5**, codificats de l'11 al 20, es van prendre a la Comarca del Priorat, als rius Siurana (12: Embassament de Siurana; 13: Torroja del Priorat; 15: Gratallops; 16: Falset; 17: Bellmunt del Priorat i 18: Masroig), al Riu Cortiella (14 a Porrera) i al Riu Montsant (19: Pantà de Margalef, 20; Margalef i 21: La Vilella Baixa). Finalment, pel **Tram 6**, les mostres es van prendre a: les Salines Trinitat (22); la Punta Banya (23); Platja de la Palma Marina (24); La Tancada (25), Estació de Regnats la Cinta (26); el Port Fangar (27); Arenal del Far (28); Pont dels Moros (29); Càmping del Garxal (30).

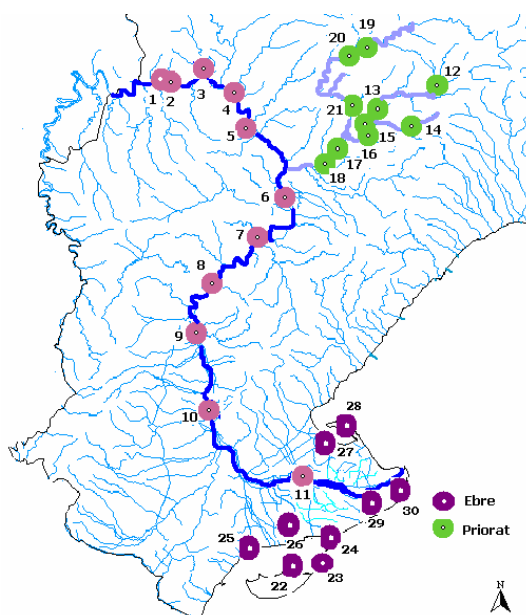


Figura 27- Punts de mostreig d'aigua fluvial, aigua fluvial fultrada, biota i sediments superficials en la conca catalana del riu Ebre per a l'avaluació del risc ecològic.

3.6.1- AVALUACIÓ DE L'EXPOSICIÓ

Les concentracions de contaminants en la biota es poden quantificar utilitzant gran varietat de mètodes, que provenen de models i processos complexos que aquí es simplificaran en factors d'acumulació. Un mètode per estimar la quantitat de contaminant en la biota és l'ús dels factors d'acumulació (**accumulation factors, AF**). Els AFs consisteixen en un quocient que es calcula a partir de la contaminació en la biota respecte a la concentració del medi, en el cas de l'estudi actual, els sediments i l'aigua fluvial (Kominkova i Benesova, 2004a; Loredo i col·ls., 2006).

Per l'avaluació dels sediments, normalment es presenta com a factor d'acumulació entre la biota i els sediments (**biota-sediment accumulation factor, BSAF**). Aquests

mètodes són àmpliament utilitzats en l'avaluació del risc ecològic, perquè les concentracions en el mediambient (aigua i sediments), es poden obtenir amb certa facilitat, i les dades del medi són necessàries, tant per a caracteritzar el punt on es pren la mostra, com l'avaluació del risc per la salut humana que es troba àmpliament relacionada amb l'avaluació del risc sobre l'ecosistema (Loredo i col·ls., 2006).

Les concentracions de contaminants en els sediments són necessàries per tal d'avaluar la transferència a través de la xarxa tròfica i establir la toxicitat potencial dels contaminants en els sediments. La fracció biodisponible pot ser mesurada directament relacionant les concentracions dels invertebrats bentònics o bé estimant-los. La mesura directa és la més recomanada, ja que les dades són reals, però com ja s'ha comentat en molts casos, no es disposa de dades suficients i cal realitzar estimacions, caracteritzant la incertesa associada a aquesta estimació (Kominkova i Benesova, 2004b). S'utilitzaren metodologies alternatives d'avaluació del risc ecològic amb diferents criteris:

3.6.2.1 - Calculant els **factors d'acumulació (Accumulation factors , AF)**

3.6.2.2- Determinant els **factor d'acumulació sediment biota (biota-sediment accumulation factor, BSAF)**

3.6.2.3- Utilitzant el **coeficient de partició aigua-sediment (water-sediment partitioning coefficient).**

3.6.1.1- FACTOR D'ACUMULACIÓ (AF)

Els factors d'acumulació són un mètode simple per estimar les càrregues de cada metall pesant en la biota, utilitzant un càlcul de l'acumulació dels metalls en la biota fluvial (Kominkova i Benesova, 2004a). Per calcular-los cal realitzar un quocient entre la concentració d'un contaminant donat en biota i en l'aigua, aplicant la següent equació.

$$AF_{biota} = C_{biota} / C_{aigua}$$

On AF_{biota} són els factors d'acumulació de metalls en la biota, C_{biota} és la concentració de la substància en la biota (mg/kg) i C_{aigua} és concentració de la substància en les partícules en suspensió de l'aigua del riu (mg/kg). Per calcular C_{aigua} cal calcular la diferència entre la concentració d'aigua fluvial i d'aigua filtrada, considerant que la diferència entre ambdós és la concentració de metalls en les partícules en suspensió.

- Si **AF >1**, el metall es pot bioacumular fàcilment en la biota, i per tant es troba en la fase més soluble de l'aigua, i més biodisponible per part dels organismes aquàtics.
- Si **AF = 1**, no es produeix bioacumulació
- Si **AF < 1**, els metalls es troben principalment a la fase particulada.

Tot i que aquest és un factor molt utilitzat, la majoria de les vegades es sol referir al fitoplacton (Samecka-Cymerman i Kempers, 2001). Els factors d'acumulació de metalls en la biota permetran predir les concentracions no només de les algues, sinó estimar les possibles concentracions en plantes aquàtiques bioacumuladores, per tal d'ajustar el HQ per les plantes aquàtiques.

3.6.1.2- FACTOR D'ACUMULACIÓ SEDIMENT BIOTA (BSAF)

Els factors d'acumulació sediment biota s'utilitzen com a metodologia per estimar si els metalls que provenen dels sediments es troben en forma biodisponible, i per tant s'acumulen en els organismes (Samecka-Cymerman i Kempers, 1999; , 2001; Kominkova i Benesova, 2004a). Per altra banda, la composició dels sediments acostuma a ser tant del dipòsit de partícules en suspensió com de biota fotoplactònica que es diposita sobre la llera del riu una vegada morta. Tot i que aquest és un factor molt utilitzat, la majoria de les vegades només es pot referir a les algues o les plantes aquàtiques inferiors que són bioacumuladores.

Per calcular els factors d'acumulació sediment biota per cada metall pesant, cal realitzar un quocient de la concentració d'un contaminant donat en els sediments i la concentració en la biota (Jones i col·ls., 1997).

$$BSAF = C_{sediments} / C_{biota}$$

On *BSAF* són els factors d'acumulació sediment biota (adimensionals); C_{biota} és la concentració del metall en la biota (mg/kg), mentre que la $C_{sediments}$ és concentració de la substància en els sediments (mg/kg).

- **Si $BSAF > 1$** , el metall es pot bioacumular fàcilment en la biota, i per tant es troba en la fase més soluble o biodisponible. S'acumularan en la biota i això pot causar canvis en l'estructura de la comunitat ecològica o l'ecosistema, ja que aquesta acumulació pot ser tòxica pels membres de la base de la xarxa tròfica i per tant afectar als membres superiors i a la llarga alterar tot l'ecosistema.
- **Si $BSAF = 1$** , no es produeix bioacumulació.
- **Si $BSAF < 1$** , és la situació més comú en la qual els metalls es troben en la seva forma no biodisponible per la biota des dels sediments, ja que aquests actuen exclusivament com a dipòsit i per tant no existeix un transport entre els diferents compartiments. Els metalls es troben principalment a la fase particulada.

3.6.1.3- COEFICIENT DE PARTICIÓ AIGUA-SEDIMENT ($\log K_d$)

Els coeficients de partició experimental es solen calcular com la distribució que existeix entre dos compartiments, l'aigua, incloent la fase particulada i el fitoplacton, i els sediments (Suter i Tsao, 1996; Samecka-Cymerman i Kempers, 2001; Samecka-Cymerman i col·ls., 2005). Per altra banda, la composició dels sediments acostuma a ser tant el dipòsit de partícules en suspensió, com de biota fotoplactònica que es diposita sobre la llera del riu una vegada morta. El coeficient de partició, que ens permet determinar tant el dipòsit de les partícules com la solubilització dels metalls dels sediments, es calcula utilitzant la següent equació:

$$\text{Log } K_d = \text{Log} (C_{\text{aigua}}/C_{\text{aigua filtrada}})$$

On $\text{Log } K_d$ és el coeficient de partició entre l'aigua i els sediments; C_{aigua} és la concentració a la fase particulada de metalls pesants, expressada com a mg/L, que cal calcular com la diferència entre la concentració d'aigua fluvial i d'aigua filtrada, considerant que la diferència entre ambdós és la concentració de metalls en les partícules en suspensió; $C_{\text{aigua filtrada}}$ és la concentració de metalls en l'aigua filtrada, expressada en mg/L.

- **Si $\log K_d < 3$** , l'element es pot dissoldre fàcilment en aigua i pot ser transportat per l'aigua a l'ecosistema, cosa que suposa un major risc per la vida aquàtica en ser més biodisponible.

- **Si $3 < \log Kd < 4$** es troben units a les partícules en suspensió, i per tant el risc de dissolució en l'aigua és major, però menor és la deposició en els sediments.
- **Si $\log Kd > 5$** , els metalls es trobaran principalment dipositats en els sediments i per tant el major risc d'intoxicació serà pels organismes bentònics.

3.6.2- CARACTERITZACIÓ DEL RISC

Els estudis de risc ambiental permeten estimar finalment, en base a la possible exposició, els probables efectes sobre els ecosistemes. Degut a que no es va disposar de dades ecotoxicològiques per avaluar la concentració ambiental prevista (*Predicted Environmental Concentration, PEC*), ni la concentració sense efectes observables previstes (*Predicted No Effect Concentration, PNEC*) respecte a cada compartiment ambiental, s'utilitzaren els quocients de risc. Han de valorar-se doncs pels diferents organismes que es poden veure afectats, així com les interrelacions entre ells i els processos que poden detoxificar o biomagnificar els efectes dels contaminants, com s'ha fet en l'apartat anterior.

L'avaluació del risc es pot efectuar mitjançant el *Quocient de risc (hazard quotient, HQ)*. Aquest valor es calcula seguint la següent fórmula proposada per Suter i col·laboradors (2003):

$$HQ = Cs/TC$$

On el *HQ* és quocient de risc adimensional, *Cs* és la concentració de la substància en l'aigua del riu ($\mu\text{g/L}$) i *TC* és criteri toxicològic expressat en $\mu\text{g/L}$ (**Taula 16**). Quan els valors de *HQ* superen el valor de 1, indicaria que s'ha superat el criteri toxicològic establert, és a dir, que existeix un risc ecotoxicològic. El principal inconvenient d'aquest mètode es que no ens dona una idea clara de la suma del potencial ecotoxicològic de tots els metalls o de si existeix o no un sinergisme entre les espècies metàl·liques, o bé si existeix un domini d'un element individual sobre un altre (Efroymsen i col·ls., 2004). Així es podrà estimar un rang de risc i intentar determinar quin dels compostos presenten o no un risc. Cal remarcar que el risc absolut, com a sinergisme entre tots els metalls no es coneix, per això s'avalua com la suma dels riscos individuals.

Taula 16- Criteris de la qualitat de l'aigua: NAWQC, Tier II i els Lowest Chronic Value, expressats en ppb per aigua fluvial (US EPA, 1993; Efroymsen i col·ls., 1997; Jones i col·ls., 1997).

$\mu\text{g/L}$	NAWQC	Tier II	Lowest Chronic Value			
			Peixos	Dàfnids	Plantes aquàtiques	Tots els organismes
Al	87.00		3.29	1900.00	460.00	460.00
As III	190.00		2962.00	914.10	2320.00	914.10
As V		3.10	892.00	450.00	48.00	48.00
Ba		4.00				
Be		0.66	57.00	5.30	1000000.00	5.30
Cd	1.10		1.70	0.15	2.00	0.15
Co	23.00		290.00	5.10		5.10
Cr III	210.00		68.63	44.00	397.00	44.00
Cr VI	11.00		73.18	6132.00	2.00	2.00
Cu	12.00		3.80	0.23	1.00	0.23
Fe	1000.00	1.30	158.00			158.00
Hg	2.40		0.23	0.96	5.00	0.23
Mn		120.00	1780.00	1100.00		1100.00
Mo		370.00	880.00			880.00
Ni	160.00		35.00	5.00	5.00	5.00
Pb	3.20		18.88	12.26	500.00	12.26
Sb			1.70	630.00	2400.00	1.70
Se	5.00		88.32	91.65	100.00	88.32
Sn		73.00	350.00			350.00
Tl		12.00	57.00	130.00	100.00	57.00
V		20.00	80.00	1900.00		90.00
Zn	110.00		36.41	46.73	30.00	30.00



Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5 /DL: T.2189-2007

4- RESULTATS I DISCUSSIÓ

4- RESULTATS i DISCUSSIÓ



4.1- PROPIETATS FÍSICO-QUÍMIQUES

Per tal d'avaluar els possibles impactes de certs contaminants sobre el medi, és necessari estudiar les propietats físico-químiques de l'aigua fluvial i de consum. Poden afectar a la distribució dels contaminants a través dels diferents compartiments ambientals i permeten establir la presència de fonts de contaminació puntuals o difoses del sistema fluvial i la zona de ribera.

4.1.1- AIGUA FLUVIAL

A l'**Annex 1**, es presenten els resultats de totes les anàlisis físico-químiques realitzades durant les diferents campanyes de monitorització, a la conca catalana del riu Ebre (2005-2007). Al tram fluvial del riu Ebre es van realitzar dues campanyes de monitorització durant els mesos de març del 2005 i 2006 (segons les especificacions dels projectes "*Premis Estudis 2005*" de la Fundació Caixa Sabadell durant el 2005 i de la Fundación Mapfre al 2006). El total de mostres analitzades en cada període (n) va ser de 20. Al Priorat, l'estudi es va efectuar durant l'any 2006 al mes de gener, abril i octubre, mentre que al 2007, es va dur a terme al gener i l'abril, per tal de donar compliment als requisits del projecte amb el Consell Comarcal del Priorat i l'Agència de Gestió d'Ajuts Universitaris i de Recerca (AGAUR). El total de mostres analitzades va ser de 45.

A la **Taula 17** s'exposen els valors mitjans de les propietats físico-químiques de l'aigua fluvial i la seva desviació estàndard (DE) de tots els trams del riu Ebre (1-4 i el 6), així com l'evolució temporal entre ambdues campanyes de monitorització. La temperatura en les aigües superficials fluvials va presentar un valor mitjà de 13.13 ± 3.28 °C l'any 2005, mentre que va disminuir durant el 2006 significativament fins a 10.47°C (P<0.05), prop d'un 20% degut a la reducció de la temperatura ambient. Els valors de la temperatura de les aigües superficials van ser en tots els casos inferiors al màxim establert per assegurar la vida aquàtica i que és de 25 °C (CHE, 1998; Chandra Sekhar i col·ls., 2005).

La temperatura de l'aigua depèn de molts factors, entre ells l'època de la determinació, el cabal, l'hora del dia i la seva qualitat. Les dades de cabals extrems del Sistema Automático de Información Hidrológica de la Cuenca Hidrográfica del Ebro (SAIH Ebro), i que es mostren a la **Taula 18**, van denotar un augment del cabal del riu Ebre en les estacions de Flix i Tortosa entre el març del 2005 i 2006 (CHE, 2002). Es va observar també una disminució significativa del 6.7 % en els valors de pH de l'aigua fluvial superficial així



com també una disminució significativa en la concentració de nitrats, la duresa i els clorurs de l'aigua fluvial ($P < 0.01$, **Taula 17**). En general, per totes les propietats físico-químiques, es va notar una disminució dels seus valors, a excepció de les partícules en suspensió totals (PTS) i de la conductivitat, que van presentar un lleuger augment no significatiu

Taula 17- Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial al riu Ebre durant les campanyes del 2005 i 2006. Mitjana \pm DE. Evolució temporal entre el 2005 i el 2006 (%).

		2005 (n=20)	2006 (n=20)	% 06-05	P
T^a ambient	°C	17.18 \pm 2.89	14.66 \pm 2.17	-14.6	< 0.01
T^a aigua	°C	13.13 \pm 3.28	10.47 \pm 1.45	-20.3	< 0.05
pH		8.52 \pm 0.27	7.95 \pm 0.21	-6.7	< 0.01
Conductivitat	μ S/cm	2240.2 \pm 2415.3	2246.1 \pm 1825.9	0.3	
PTS	mg/L	177.7 \pm 785.5	184.5 \pm 530.7	3.8	
O₂ dissolt	mg O ₂ /L	8.4 \pm 1.2	7.7 \pm 0.6	-8.4	
Nitrats	mg NO ₃ ⁻ /L	16 \pm 14	6 \pm 11	-65.3	< 0.01
Nitrits	mg NO ₂ ⁻ /L	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	-33.3	
Ortofosfats	mg PO ₄ ²⁻ /L	0.20 \pm 0.11	0.17 \pm 0.05	-12.2	
P total	mg P/L	0.08 \pm 0.04	0.07 \pm 0.03	-18.7	
Amoni	mg NH ₄ ⁺ /L	0.6 \pm 0.2	0.6 \pm 0.1	-4.9	
Duresa	mmol/L	254.5 \pm 338.7	38.5 \pm 2.8	-84.9	< 0.01
Clorurs	mg Cl ⁻ /L	86.08 \pm 98.40	17.80 \pm 2.07	-79.3	< 0.01
TOC	%	0.13 \pm 0.04	0.12 \pm 0.03	-11.1	

Taula 18- Cabals obtinguts del SAIH Ebro, expressats en m³/s (CHE, 2002). Els dos primers corresponen als períodes de mostreig del present estudi, mentre que els altres són la mitjana mensual.

	Flix	Tortosa
Març 2005	221.1	204.5
Març 2006	323.3	184.7
Mitjana Març 2005	319.8	301.3
Mitjana Marc 2006	366.4	156.3

Per trams de mostreig, el **Tram 1 (Taula 19)**, corresponent a la zona de l'embassament de Riba-Roja d'Ebre. Tal i com es pot observar en l'**Annex 1**, el pH de les aigües es va detectar proper a 8.0 per tots els punts de mostreig, amb una mitjana de 8.64



durant l'any el mes de març del 2005 (2005 a partir d'ara), i significativament inferior durant en les mostres recollides al març del 2006 ($P < 0.05$). Es va produir un augment significatiu en la quantitat de partícules en suspensió de l'aigua fluvial superficial (PTS), passant de 0.21 ± 0.16 a 0.70 ± 0.21 mg/L durant el mes de març de l'any 2006 (2006 a partir d'ara).

L'evolució temporal en el **Tram 2** es presenta en la **Taula 20**. Comprèn els punts de la Presa de Flix i aigües avall, Ascó i Garcia, una zona amb una gran quantitat de meandres. Tots els punts presentaven valors de conductivitat superiors als $700 \mu\text{S/cm}$, que es poden relacionar amb les característiques hidrogeològiques de la zona (Clemente i col·ls., 2003; CHE, 2007). La Temperatura de l'aigua va ser significativament inferior durant l'any 2006, i només es va denotar un augment significatiu en les PTS durant l'any 2006 ($P < 0.05$), probablement degut a un augment del cabal del riu durant l'any 2006.

Taula 19- Tram 1. Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial al riu Ebre (mitjana \pm DE). Evolució temporal entre els mesos de març dels anys 2005 i 2006.

Tram 1	n=3	Març 2005	Març 2006	P
T^a ambient	°C	18.20 \pm 0.96	13.21 \pm 0.82	< 0.05
T^a aigua	°C	8.90 \pm 0.87	8.34 \pm 0.47	
pH		8.64 \pm 0.05	8.05 \pm 0.05	< 0.05
Conductivitat	$\mu\text{S/cm}$	807.3 \pm 58.7	839.6 \pm 12.5	
PTS	mg/L	0.21 \pm 0.16	0.70 \pm 0.21	< 0.05
O₂ dissolt	mg O₂/L	9.8 \pm 1.9	8.2 \pm 0.7	
Nitrats	mg NO₃⁻/L	25 \pm 25	8 \pm 14	
Nitrits	mg NO₂⁻/L	0.0 \pm 0.1	0.0 \pm 0.1	
Ortofosfats	mg PO₄²⁻/L	0.16 \pm 0.10	0.19 \pm 0.06	
P total	mg P/L	0.11 \pm 0.06	0.06 \pm 0.02	
Amoni	mg NH₄⁺/L	0.5 \pm 0.2	0.6 \pm 0.1	
Duresa	mmol/L	39.6 \pm 5.4	36.5 \pm 0.3	
Clorurs	mg Cl⁻/L	18.27 \pm 3.63	16.60 \pm 0.99	
TOC	%	0.16 \pm 0.06	0.12 \pm 0.02	

T^a: temperatura; PTS: partícules totals en suspensió; O₂ dissolt: oxigen dissolt; P total: fósfor total; TOC: contingut de matèria orgànica total.

En el **Tram 3 (Taula 21)**, en una zona eminentment agrícola i ramadera (**Figures 4 i 10** de la Introducció), la conductivitat va ser lleugerament superior a la detectada en els **Trams 2 i 3**, possiblement deguda a l'activitat antropogènica de la zona. Altres estudis realitzats en rius mediterranis per Rosas (2001), van correlacionar la presència de camps de conreu amb l'augment de la conductivitat, el pH, i la càrrega fertilitzant (nitrats, nitrits,



ortofosfats i TOC) (Rosas, 2001). Altres estudis similars realitzats en rius Europeus i Americans presentaven conclusions semblants (Shiller, 1997; Boluda i col·ls., 2002). Entre el 2005 i el 2006, es va observar una disminució significativa en el pH de les mostres, així com en la conductivitat i l'oxigen dissolt de l'aigua ($P < 0.05$).

Taula 20- Tram 2. Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial al riu Ebre (mitjana \pm DE). Evolució temporal entre els mesos de març dels anys 2005 i 2006.

Tram 2	n=3	Març 2005	Març 2006	P
T^a ambient	°C	15.87 \pm 3.48	12.04 \pm 0.63	< 0.05
T^a aigua	°C	10.48 \pm 0.89	9.18 \pm 0.36	< 0.05
pH		8.56 \pm 0.17	8.08 \pm 0.19	< 0.05
Conductivitat	μS/cm	921.0 \pm 57.4	895.5 \pm 51.9	
PTS	mg/L	1.08 \pm 0.33	2.23 \pm 0.46	< 0.05
O₂ dissolt	mg O₂/L	7.6 \pm 1.4	7.6 \pm 0.4	
Nitrats	mg NO₃⁻/L	25 \pm 0	8 \pm 14	
Nitrits	mg NO₂⁻/L	0.1 \pm 0.1	0.0 \pm 0.1	
Ortofosfats	mg PO₄²⁻/L	0.15 \pm 0.02	0.13 \pm 0.06	
P total	mg P/L	0.05 \pm 0.01	0.10 \pm 0.07	
Amoni	mg NH₄⁺/L	0.6 \pm 0.2	0.4 \pm 0.2	
Duresa	mmol/L	39.9 \pm 2.8	42.9 \pm 2.5	
Clorurs	mg Cl⁻/L	18.20 \pm 1.12	19.87 \pm 2.33	
TOC	%	0.10 \pm 0.01	0.15 \pm 0.07	

T^a: temperatura; PTS: partícules totals en suspensió; O₂ dissolt: oxigen dissolt; P total: fòsfor total; TOC: contingut de matèria orgànica total.

En el **Tram 4**, que comprèn els nuclis de població més grans de la conca (Tortosa, Amposta i Deltebre) així com els principals camps de conreude cítrics, es va detectar un augment significatiu en la conductivitat de l'aigua, degut principalment a l'efecte de la falca salina a la població de Deltebre. Quan el cabal del riu no és suficientment alt, el mar és capaç de penetrar aigües endins pel riu (CHE, 1998). El cabal del riu durant el mes de març del 2005 a l'estació d'aforament de Tortosa va ser de 204.5 m³/s, mentre que un any després, es va reduir fins a 156.3 m³/s (**Taula 18**). La mitjana de la conductivitat durant el 2005, va ser de 931.00 μ S/cm, augmentant significativament fins a 2361.92 μ S/cm durant l'any 2006 ($P < 0.05$). El pH i la concentració de nitrats en aigua van disminuir significativament durant l'any 2006 ($P < 0.05$). L'evolució temporal en el **Tram 4** es presenta en la **Taula 22**.



Taula 21- Tram 3. Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial al riu Ebre (mitjana ± DE). Evolució temporal entre els mesos de març dels anys 2005 i 2006

Tram 3	n=3	Març 2005	Març 2006	P
T^a ambient	°C	14.77 ± 1.35	13.49 ± 1.81	
T^a aigua	°C	11.83 ± 0.58	10.25 ± 0.65	
pH		8.69 ± 0.87	8.20 ± 0.12	< 0.05
Conductivitat	µS/cm	972.3 ± 1.9	871.6 ± 16.5	< 0.05
PTS	mg/L	3.09 ± 0.15	2.73 ± 0.06	
O₂ dissolt	mg O₂/L	9.0 ± 0.39	8.1 ± 0.4	< 0.05
Nitrats	mg NO₃⁻/L	15 ± 0.02	8 ± 14	
Nitrits	mg NO₂⁻/L	0.0 ± 0.05	0.0 ± 0.0	
Ortofosfats	mg PO₄²⁻/L	0.18 ± 0.01	0.19 ± 0.06	
P total	mg P/L	0.06 ± 0.01	0.06 ± 0.02	
Amoni	mg NH₄⁺/L	0.6 ± 34.33	0.6 ± 0.1	
Duresa	mmol/L	37.0 ± 1.58	36.5 ± 0.3	
Clorurs	mg Cl⁻/L	19.16 ± 0.8	16.60 ± 0.99	
TOC	%	0.11 ± 0.08	0.12 ± 0.02	

T^a: temperatura; *PTS*: partícules totals en suspensió; *O₂ dissolt*: oxigen dissolt; *P total*: fósfor total; *TOC*: contingut de matèria orgànica total.

Pel **Tram 5**, corresponent als afluents de l'Ebre, el Siurana, el Montsant i el Cortiella, en general, les propietats físico-químiques van ser similars a les detectades en el **Tram 2**, a excepció de la conductivitat, que va presentar valors per sota dels 550 µS/cm. Es va notar una clara disminució en el pH de l'aigua, dels valors mitjans durant el gener del 2006 de 8.18, fins a 6.36 durant el mes d'abril del 2007 (**Taula 23**). A la comarca del Priorat es va produir durant l'any 2006 i el primer trimestre del 2007, una llarga sequera, i una disminució dràstica dels cabals dels rius. El riu Montsant i el Cortiella van presentar un cabal inexistent durant l'agost del 2006, i posteriorment durant l'abril el 2007. Aquest fet no va permetre prendre mostres en 5 dels punts de mostreig durant la campanya del 2007. L'oxigen dissolt va presentar un comportament similar al pH. En conques fluvials, la disminució del valor del pH i de l'oxigen dissolt s'ha relacionat amb zones amb alts nivells de contaminació, ja sigui natural o antropogènica (Audry i col·ls., 2004; Atauri Mezquida i col·ls., 2005). Els valors de la legislació estableixen per aigües destinades al consum humà valors guia de clorurs en aigua de 25 mg/L i valors màxims de 250 mg/L (BOE, 2003). La concentració de clorurs per a totes les campanyes de monitorització, presentava valors molt inferiors als establerts per la legislació, tot i que una disminució en l'oxigen dissolt de l'aigua, i la presència de clorurs, solen relacionar-se també amb una contaminació d'aigües residuals urbanes (Rosas, 2001).



Taula 22- Tram 4. Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial al riu Ebre (mitjana ± DE). Evolució temporal entre els mesos de març dels anys 2005 i 2006.

Tram 4	n=4	Març 2005	Març 2006	P
T^a ambient	°C	20.80 ± 3.54	17.09 ± 1.58	
T^a aigua	°C	14.65 ± 0.64	11.18 ± 0.30	
pH		8.88 ± 0.11	8.00 ± 0.01	< 0.05
Conductivitat	µS/cm	931.0 ± 9.9	2361.9 ± 22.8	< 0.05
PTS	mg/L	2.45 ± 0.05	3.59 ± 0.34	
O₂ dissolt	mg O₂/L	8.7 ± 0.2	7.8 ± 0.4	
Nitrats	mg NO₃⁻/L	25 ± 0	0 ± 0	< 0.05
Nitrits	mg NO₂⁻/L	0.1 ± 0.1	0.1 ± 0.1	
Ortofosfats	mg PO₄²⁻/L	0.22 ± 0.05	0.16 ± 0.03	
P total	mg P/L	0.07 ± 0.01	0.05 ± 0.01	
Amoni	mg NH₄⁺/L	0.6 ± 0.0	0.5 ± 0.1	
Duresa	mmol/L	36.2 ± 1.9	38.7 ± 3.5	
Clorurs	mg Cl⁻/L	16.41 ± 0.80	16.63 ± 1.62	
TOC	%	0.12 ± 0.01	0.11 ± 0.01	

T^a: temperatura; *PTS*: partícules totals en suspensió; *O₂ dissolt*: oxigen dissolt; *P total*: fósfor total; *TOC*: contingut de matèria orgànica total.

A la **Taula 24** es presenta l'evolució temporal dels paràmetres físico-químics en l'aigua fluvial dels rius prioratins, entre les campanyes successives, així com entre els diferents anys estudiats. S'observa que el 21.0% de disminució del pH detectada és significativa quan es comparen els seus valors des de l'abril del 2006 fins al 2007 ($P < 0.05$). La concentració de clorurs en l'aigua fluvial, va disminuir en un 65.4% des de l'octubre al gener del 2007, degut a un augment del cabal dels rius.

El **Tram 6** del Delta de l'Ebre (**Taula 25**), inclou les dues principals badies, així com els canals i els camps de conreu d'arròs del Delta. Degut a la presència de l'aigua marina, i del clar efecte de la falca salina en les zones fluvials (punts 26, 28, 29 i 30 de l'**Annex 1**), la conductivitat dels punts fluvials augmenta fins a valors considerats com aigua marina, amb més de 1500 µS/cm, i una concentració de clorurs en aigua superior a 1000 mg/L. Altres estudis realitzats en deltes de la zona mediterrània, com és el cas de l'Albufera valenciana, han mostrat comportaments de salinització de les aigües fluvials similars (Boluda i col·ls., 2002). De nou, el pH i la duresa de l'aigua, van disminuir significativament durant l'any 2006 ($P < 0.05$).

Taula 23- Tram 5. Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial als rius Siurana, Montsant i Cortiella (mitjana ± DE).

		Gener 2006 (n=10)	Abril 2006 (n=10)	Octubre 2006 (n=10)	Gener 2007 (n=10)	Abril 2007 (n=5)
T^a ambient	°C	16.81 ± 5.63	14.28 ± 8.91	20.35 ± 3.70	13.36 ± 2.22	17.33 ± 3.11
T^a aigua	°C	15.96 ± 6.00	14.43 ± 4.47	13.72 ± 2.05	8.25 ± 0.82	14.07 ± 2.74
pH		8.18 ± 0.15	8.05 ± 0.20	7.31 ± 0.14	6.92 ± 0.14	6.36 ± 0.15
Conductivitat	µS/cm	520.2 ± 86.1	455.6 ± 120.7	439.6 ± 93.7	424.8 ± 92.3	380.4 ± 116.4
PTS	mg/L	2.54 ± 1.52	2.28 ± 1.18	2.17 ± 0.59	1.63 ± 0.30	1.64 ± 0.31
O₂ dissolt	mg O₂/L	9.4 ± 0.4	9.4 ± 0.3	8.5 ± 0.3	8.0 ± 0.3	7.3 ± 0.2
Nitrats	mg NO₃⁻/L	8 ± 4	10 ± 0	9 ± 3	9 ± 3	8 ± 4
Nitrits	mg NO₂⁻/L	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0
Ortofosfats	mg PO₄²⁻/L	0.25 ± 0.10	0.23 ± 0.05	0.21 ± 0.05	0.27 ± 0.09	0.21 ± 0.05
P total	mg P/L	0.08 ± 0.03	0.07 ± 0.02	0.07 ± 0.02	0.09 ± 0.03	0.07 ± 0.02
Amoni	mg NH₄⁺/L	0.7 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.7 ± 0.2	0.6 ± 0.1
Duresa	mmol/L	249.0 ± 81.7	220.0 ± 63.2	244.0 ± 90.3	250.0 ± 0.0	244.0 ± 95.8
Clorurs	mg Cl⁻/L	137.2 ± 280.6	94.5 ± 154.9	136.3 ± 68.5	46.7 ± 51.9	155.2 ± 76.5
TOC	%	0.14 ± 0.03	0.12 ± 0.02	0.12 ± 0.02	0.14 ± 0.03	0.12 ± 0.02

T^a: temperatura; PTS: partícules totals en suspensió; O₂ dissolt: oxigen dissolt; P total: fósfor total; TOC: contingut de matèria orgànica total.

Taula 24- Tram 5. Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial als rius Siurana, Montsant i cortiella. Evolució temporal

	Gener 06- Abril 06	Abril 06- Octubre 06	Octubre 06- Gener 07	Gener 07- Abril 07	Gener 06- Gener 07	Abril 06 –Abril 07
T^a ambient	-15.1	42.5	-34.3 **	29.7	-20.5	21.4
T^a aigua	-9.6	-4.9	-39.9 **	70.6 *	-48.3 *	-2.5
pH	-1.6	-9.2 **	-5.3**	-8.2 *	-15.3 *	-21.0 *
Conductivitat	-12.4	-3.5	-3.4	-10.5	-18.3	-16.5
PTS	-10.2	-4.8	-25.1	0.5	-36.0	-28.3
O₂ dissolt	0.7	-10.2	-4.9	-9.4 *	-14.0 *	-22.7 *
Nitrats	25.0	-10.0	0.0	-11.1	12.5	-20.0
Nitrits	-	-	-	-	-	-
Ortofosfats	-18.8	3.4	27.6	-20.1	7.2	5.4
P total	-19.1	3.1	28.1	-20.2	6.8	5.3
Amoni	-20.3	10.9	9.8	-6.0	-2.9	14.5
Duresa	-11.6	10.9	2.5	-2.4	0.4	10.9
Clorurs	-31.1	44.2	-65.7 *	231.9	-65.9	64.2
TOC	-11.4	1.7	15.5	-12.4	4.1	2.9

* $P < 0.05$; ** $P < 0.01$; T^a: temperatura; PTS: partícules totals en suspensió; O₂ dissolt: oxigen dissolt; P total: fósfor total; TOC: contingut de matèria orgànica total.



Taula 25- Tram 6. Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial al riu Ebre (mitjana ± DE). Evolució temporal entre els mesos de març dels anys 2005 i 2006.

Tram 6	(n=6)	Març 2005	Març 2006	P
T^a ambient	°C	17.52 ± 2.46	16.38 ± 1.26	
T^a aigua	°C	15.92 ± 1.82	11.70 ± 0.48	< 0.01
pH		8.28 ± 0.32	7.73 ± 0.05	< 0.01
Conductivitat	µS/cm	4421.3 ± 2695.5	3697.85 ± 1732.0	
PTS	mg/L	3.11 ± 1.87	1.76 ± 1.49	
O₂ dissolt	mg O₂/L	7.6 ± 0.5	7.2 ± 0.5	
Nitrats	mg NO₃⁻/L	8 ± 13	0 ± 0	
Nitrits	mg NO₂⁻/L	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	
Ortofosfats	mg PO₄²⁻/L	0.23 ± 0.14	0.19 ± 0.04	
P total	mg P/L	0.08 ± 0.04	0.06 ± 0.01	
Amoni	mg NH₄⁺/L	0.6 ± 0.2	0.6 ± 0.1	
Duresa	mmol/L	517.3 ± 362.2	38.6 ± 2.3	< 0.01
Clorurs	mg Cl⁻/L	139.6 ± 95.8	188.4 ± 12.4	
TOC	%	0.14 ± 0.04	0.12 ± 0.01	

T^a: temperatura; *PTS*: partícules totals en suspensió; *O₂ dissolt*: oxigen dissolt; *P total*: fósfor total; *TOC*: contingut de matèria orgànica total.

En general doncs, per tots els trams de mostreig de la conca catalana del riu Ebre, el pH de l'aigua fluvial es va trobar en la zona bàsica, amb un valor proper al 8. Una aigua amb un pH menor que 6 és fortament corrosiva pels metalls, i pot provocar reaccions de dissolució de les sals presents en les roques. El valor del pH de les aigües superficials es troba influenciat per causes naturals com poden ser l'àcid carbònic dissolt, el substrat litogènic o la geomorfologia de la conca. Es pot utilitzar la mesura del pH com a índex de pol·lució antropogènica de l'aigua. L'abocament de determinades indústries o d'explotacions ramaderes el pot fer disminuir. En conques fluvials, però la disminució del valor del pH s'ha relacionat també amb zones on el nivell de contaminació és alt. Els límits permissibles establerts es situen en un rang de 5.5 fins a 9 a una temperatura de l'aigua de 20 °C (CHE, 2005). Tal i com es pot observar en l'Annex 1, el pH de les aigües es troba dins del rang establert per la CHE. Els pH inferiors a 8 corresponen al **Tram 2**, amb una mitjana de 7.47 durant l'any 2005, i de 7.57 durant l'any 2006. Cal destacar que valors àcids de pH inferiors a 7, podrien indicar la presència de productes oxidants de compostos metàl·lics, cosa que podria provocar l'alliberament dels metalls retinguts en els sediments i la matèria en suspensió. Degut a que els valors del pH són alcalins, cal suposar que aquest intercanvi de metalls entre els diferents compartiments estudiats es produirà en menor mesura. A la **Taula**



28, es mostren els estudis de correlació entre les propietats físico-químiques. Entre el pH i el cabal en sòls superficials, es manifesta una correlació experimental positiva. Per tant, l'augment del cabal del riu, així com l'oxigen dissolt, i la disminució de la conductivitat serien factors important per tal de determinar el pH de les mostres d'aigua superficial fluvial.

Si s'avaluen els dominis hidrogeològics de la conca del riu Ebre, es pot veure que existeixen àrees geològicament homogènies i amb un comportament hidrogeològic que és independent de les zones properes (**Figures 7 i 8** de la Introducció). A la conca es poden apreciar diferents orígens litogènics, que podrien explicar les discrepàncies que existeixen entre els valors de la conductivitat de l'aigua. Litològicament, la zona d'estudi es dominada pels sediments terciaris: conglomerats oligocens i miocens (composats per grans de grava de més de 2 mil·límetres). Els extrems de la conca, hi ha materials progressivament més fins, com arenisques, margues (roques sedimentàries composades per una barreja de carbonats i sediment fins llims i argiles). El centre de la conca el componen les roques evaporítiques: guixos, sals i roques calcàries calisses, composts principalment per sulfat càlcic hidratat i carbonats. Tant la duresa de l'aigua, com la seva conductivitat són factors relacionats amb les característiques hidrogeològiques descrites de la conca. L'aigua de la conca, en tots els seus trams fluvials, va classificar-se com a aigua dura o molt dura segons la Directiva 2000/60/CE (DOCE, 2000).

Des de l'embassament de Riba-Roja, fins a la zona de Tortosa, els valors de la conductivitat van presentar durant el 2005, una mitjana de 905 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en un rang de 744 a 1018 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Durant el 2006, els valors van disminuir fins a 868 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (885-927 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Es pot veure clarament que el valor de la conductivitat és major a la zona de Mora d'Ebre (**A7, Annex 1**), on la concentració de sals és superior que a la resta del punts de mostreig. Cal considerar en aquest punt la possible influència de l'abocament de les aigües residuals de la depuradora del municipi. Tots els valors a excepció de l'embassament de Riba-Roja, presentaven conductivitats superiors als 850 $\mu\text{S}/\text{cm}$, que es poden relacionar amb les característiques hidrogeològiques de la zona. La conductivitat dels punts de mostreig a la zona del Delta de l'Ebre van presentar una mitja de 5837,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$, en un rang de 2520 a 8775 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Aquests són els valors normals en les zones marines i de badies. Accentuar els **punts 29 i 30**, que corresponen a la desembocadura del riu Ebre, en els quals els valors de conductivitat van ser molt superiors per efecte de la falca salina. La quantitat de guixos i de sals marines sedimentades que provenen de penetracions al Delta de les aigües marines,



poden augmentar també els nivells de conductivitat en les zones del Delta (**Tram 6**) (CHE, 1998; Torrecilla i col·ls., 2005).

Les partícules en suspensió totals (PTS) per cap dels trams de mostreig van superar els 25 mg/L. L'augment del cabal del riu suposava un augment significatiu de les PTS en aigua fluvial, degut a la correlació detectada ($P < 0.01$; **Taula 26**). L'oxigen dissolt (O_2 dissolt) va superar el valor de 8 mg O_2 /L, que indicava una sobresaturació d'oxigen a les aigües fluvials. Les aigües superficials no contaminades solen estar ben oxigenades, i fins hi tot sobresaturades d'oxigen dissolt amb valors superiors a 8 mg d' O_2 /L. Aquest paràmetre depèn de la temperatura de l'aigua segons Rosas (2001), tot i que no s'ha detectat una correlació positiva entre ells. El valor que s'ha fixat com a límit per assegurar la qualitat de l'aigua per tal de que existeixi la vida aquàtica és de 3 mg/L (Chapman i col·ls., 1998; US EPA, 1998).

Les concentracions de nitrats en les aigües superficials no van superar els valors màxims admissibles establerts segons la legislació per l'aigua destinada a consum humà (BOE, 2003). L'agricultura intensiva de la zona i la ramaderia no són doncs una font important de nitrats al riu Ebre, tot i el seu baix cabal. Remarcar que durant el 2005, a la zona de la presa de Riba-Roja, els valors de nitrats es van detectar a la concentració líndar de 50 mg/L, però sense supera-la. Per tant, tots els punts complirien els criteris de qualitat establerts per les aigües superficials destinades al consum humà. Les concentracions de nitrits per tots els punts de mostreig van ser pràcticament zero. En general, la seva concentració en les aigües superficials és molt baixa, però es poden donar contaminacions puntuals degudes principalment a abocaments de les indústries, o bé a l'agricultura i ramaderia (Shiller, 1997; Torrecilla i col·ls., 2005). Les concentracions d'**amoni**, van superar la mitjana dels 0.5 mg/L, i per tant, l'aigua de l'Ebre en el **Tram 1**, i molt especialment al Pantà de Flix (Club Nàutic, punt 3 de l'Annex 1). Segons el RD 140/2003, no podria ser destinada l'aigua del Pantà de Flix per al consum humà sense pretractaments previs (BOE, 2003). En el cas de que es produís un augment del cabal del riu, s'esperaria una reducció de les concentracions d'amoni, ja que s'ha detectat una correlació experimental positiva entre ambdós paràmetres (**Taula 26**).

Els valors guia de fòsfats en aigua, en $\mu\text{g/L}$, segons la legislació (DOCE, 1980) estableixen que els nivells de fòsfats no han de ser superiors als 400 $\mu\text{g/L}$, i que les concentracions no poden superar el valor líndar de 5000 $\mu\text{g/L}$. Els resultats de l'**Annex 1**,



van reflectir que totes les concentracions de fosfats en aigua fluvial es trobaven per sota de la concentració guia amb nivell mitjà de les mostres de $227 \pm 54 \mu\text{g/L}$, i que en cap cas van superar els valors llindar. A la **Taula 26** es representa una correlació experimental negativa entre el cabal del riu i els fosfats. S'esperaria una reducció de les concentracions de fosfats en augmentar el cabal del riu. Els estudis publicats per la CHE de la Conca catalana del riu Ebre, i que s'han resumit en les **Taules 27** (Flix), **28** (Xerta) i **18** (Cabals a Flix i Tortosa) evidencien també que en augmentar el cabal del riu, es produeix una disminució, per dilució de la concentració de fosfats (CHE, 2002; 2005b; 2007).

Taula 26- Matriu de correlació de Pearson entre les propietats físico-químiques de l'aigua fluvial.

	Ta	Tag	pH	EC	PTS	O2	NO3	NO2	PO4	P	NH4	Ca	Cl	TOC	Q
Ta															
Tag	0.48														
pH	0.38	0.14													
EC	0.31	0.59	-0.36												
PTS	-0.02	0.53	-0.07	0.27											
O2	0.02	-0.28	0.48	-0.40	-0.22										
NO3	0.12	-0.20	0.51	-0.41	-0.23	0.18									
NO2	0.10	-0.16	0.31	-0.29	-0.08	0.16	0.18								
PO4	0.07	0.43	0.06	0.42	0.36	-0.04	-0.15	-0.07							
P	-0.05	0.15	0.19	0.10	0.02	0.15	0.03	0.05	0.19						
NH4	0.21	0.12	0.01	0.08	-0.18	0.00	0.06	-0.27	-0.13	-0.42					
Ca	0.23	0.75	0.00	0.65	0.29	-0.16	-0.36	-0.22	0.52	0.26	0.05				
Cl	0.08	0.51	0.05	0.38	-0.05	0.01	-0.05	-0.24	0.04	0.30	0.23	0.60			
TOC	-0.06	0.15	0.19	0.09	0.02	0.14	0.04	0.05	0.15	1.00	-0.41	0.25	0.33		
Q	0.11	0.59	0.53	0.23	0.36	0.12	-0.02	-0.27	-0.08	-0.42	-0.37	-0.07	-0.33	0.16	

Ta: T^a ambient; Tag: T^a aigua, pH; EC: Conductivitat; PTS: partícules en suspensió, O2: oxigen dissolt; NO3: Nitrats; NO2: Nitrits; PO4: Ortofosfats; P: fósfor total ; NH4: Amoni; Ca: Duresa; Cl: Clorurs; TOC: contingut de matèria orgànica; Q: cabal de l'aigua. Verd: correlació positiva, vermell: correlació negativa, Fons groc nivell de significància inferior a 0.01, color carbassa, nivell de significació inferior a 0.05

Actualment, no existeix un valor legislat pel contingut de compostos orgànics totals en aigua fluvial (TOC). En general per tots els punts de mostreig, la mitjana de les concentracions va ser de $0.12 \pm 0.03 \text{ mg/L}$, presentant un valor màxim de 0.23 mg/L , a l'Embassament de Siurana durant el mes de gener del 2006 i un valor mínim de 0.08 mg/L al Port del Fangar al Delta de l'Ebre durant el 2005. A les **Taules 27** i **28** es pot observar com els valors obtinguts per la CHE, al segment central del riu, van ser clarament més alts als



obtinguts en el present estudi pel **Tram 2 i 3 (Taules 20 i 21, respectivament)** per la duresa de l'aigua, els clorurs i la TOC.

Taula 27- Propietats físico-químiques mitjanes a l'estació d'aforament de Flix pel període febrer - abril del 2005 i 2006 (CHE, 2005b; 2007).

		Flix 2005	Flix 2006
T^a aigua	°C	16.18 ± 4.97	16.43 ± 4.62
pH		7.47 ± 0.51	7.57 ± 1.17
Conductivitat	µS/cm	1096.89 ± 218.23	1138.46 ± 239.69
PTS	mg/L	7.08 ± 0.29	11.37 ± 2.09
O₂ dissolt	mg O₂/L	9.47 ± 2.39	8.22 ± 2.14
Nitrats	mg NO₃⁻/L	16.1 ± 0.02	2.15 ± 1.9
Nitrits	mg NO₂⁻/L	0.14 ± 0.01	0.12 ± 0.02
Ortofosfats	mg PO₄²⁻/L	0.22 ± 0.05	0.10 ± 0.05
P total	mg P/L	0.16 ± 0.01	0.15 ± 0.04
Amoni	mg NH₄⁺/L	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.01
Duresa °F	mmol/L	43.73 ± 5.13	43.58 ± 4.48
Clorurs	mg Cl⁻/L	121.5 ± 1.26	134.01 ± 1.20
TOC	%	2.5 ± 0.3	2.7 ± 0.8

T^a: temperatura; *PTS*: partícules totals en suspensió; *O₂ dissolt*: oxigen dissolt; *P total*: fósfor total; *TOC*: contingut de matèria orgànica total.

Taula 28- Propietats físico-químiques mitjanes a l'estació d'aforament de Xerta pel període febrer - abril del 2005 i 2006 (CHE, 2005b; 2007).

		Xerta 2005	Xerta 2006
T^a aigua	°C	16.74 ± 5.58	17.29 ± 5.58
pH		8.03 ± 5.58	8.43 ± 1.78
Conductivitat	µS/cm	1156.07 ± 211.87	1741.47 ± 278.96
PTS	mg/L	7.7 ± 1.92	15.37 ± 2.89
Nitrats	mg NO₃⁻/L	17.1 ± 7.15	18.57 ± 1.85
O₂ dissolt	mg O₂/L	9.47 ± 2.39	8.22 ± 2.14
Nitrits	mg NO₂⁻/L	0.14 ± 0.02	0.12 ± 0.02
Ortofosfats	mg PO₄²⁻/L	0.22 ± 0.05	0.10 ± 0.05
P total	mg P/L	0.07 ± 0.01	0.09 ± 0.02
Amoni	mg NH₄⁺/L	0.08 ± 0.01	0.07 ± 0.01
Duresa °F	mmol/L	32.64 ± 3.433	38.88 ± 5.58
Clorurs	mg Cl⁻/L	121.54 ± 1.58	122.71 ± 1.44
TOC	%	3.00 ± 0.8	2.85 ± 0.99

T^a: temperatura; *PTS*: partícules totals en suspensió; *O₂ dissolt*: oxigen dissolt; *P total*: fósfor total; *TOC*: contingut de matèria orgànica total.



4.1.2- AIGUA DE CONSUM

A l'Annex 1, Taula A1.5 es mostren els resultats dels paràmetres estudiats per l'aigua de consum durant el mes de març i agost del 2006, segons els requisits de l'estudi finançat per la Fundación Mapfre. Es van prendre un total de 10 mostres en les poblacions de ribera del riu Ebre en ambdós períodes de mostreig. Els valors obtinguts es van comparar amb el RD 140/2003 per aigües destinades a consum humà. La mesura del pH es va detectar dins del rang establert per la legislació d'entre 6.5 a 9.5 unitats de pH (**Taula 29**). L'aigua de Riba-Roja d'Ebre, durant el mes de març del 2006, va ser la que va presentar un valor més baix, amb 6.88 unitats de pH, mentre que a Tortosa i Deltebre, durant l'agost del 2006, els resultats de la mesura de pH van ser de 7.60.

La conductivitat de l'aigua només va superar els valors establerts per la legislació a Flix durant el mes de març del 2006, amb un valor de 2596.67 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Caldria utilitzar tècniques d'osmosi inversa per eliminar l'excés de sals de l'aigua, per tal de destinar-la al consum humà (APHA-AWWA-WPCF, 1989; BOE, 2003). En canvi, a Garcia, durant el mateix període de mostreig, la conductivitat va ser gairebé 5 vegades inferior a la de Flix, amb un valor de 467.50 $\mu\text{S}/\text{cm}$. La resta dels punts de mostreig van presentar valors inferiors al líndar establert en el RD 140/2003 (BOE, 2003). La concentració permesa de clorurs en aigua va ser duplicada en moltes poblacions de la conca. Caldria haver determinat també el clor combinat residual i el clor lliure residual de les mostres d'aigua de consum, ja que de vegades, i en funció de la temperatura de l'aigua, les formes químiques del clor poden intercanviar-se (APHA-AWWA-WPCF, 1989). Segons el RD 140/2003, les mostres no serien aptes per al consum humà, i caldria utilitzar tècniques d'osmosi inversa per eliminar els clorurs de l'aigua, tot i que a concentracions de 500 mg/L no es consideren com a agressives per la població (BOE, 2003).

Taula 29- Propietats físico-químiques de l'aigua de consum (mitjana \pm DE), i valors legiscats establerts en el RD 140/2003 (BOE, 2003).

	Març 2006 (n=10)	Agost 2006 (n=10)	RD 140/2003
pH	7.21 \pm 0.17	7.45 \pm 0.19	(6.5 – 9.5)
Conductivitat $\mu\text{S}/\text{cm}$	1144.1 \pm 592.3	1129.4 \pm 332.3	2500
Duresa mmol/L	310.0 \pm 250.0	310.0 \pm 63.2	-
Clorurs $\text{mg Cl}/\text{L}$	250.0 \pm 204.1	250.0 \pm 204.1	250



4.2 – METALLS I METAL·LOIDES

4.2.1- AIGUA FLUVIAL

Els metalls, metalls pesants i metal·loides, metalls a partir d'ara, en general es detecten a concentracions baixes de forma natural en els rius i de forma variable durant el seu curs (Chandra Sekhar i col·ls., 2005; Holemann i col·ls., 2005). La naturalesa de les concentracions de metalls acostuma a venir donada pels seus afluents, i per les diferents fonts naturals i antropogèniques que poden contaminar les aigües del riu (Gallo i col·ls., 2006). Les concentracions de metalls en aigua fluvial es presenten en l'**Annex 2**, i els períodes i les mostres coincideixen amb les descrites en les propietats físico-químiques. A les **Taules A2.1** i **A2.2** es mostren les concentracions en el Tram fluvial del riu Ebre durant les campanyes de monitorització del 2005 i 2006 respectivament. Pel **Tram 5**, a la Comarca del Priorat, i pels rius Siurana, Montsant i Cortiella, els resultats dels metalls en aigua fluvial s'exposen a les **Taules A2.3** i la **A2.4**. Els períodes de mostreig van ser gener i abril del 2006 per la primera taula, i octubre del 2006 i gener i abril del 2007 per la **Taula A2.4**. Tots els metalls per sota del límit de detecció es mostren com a No Detectats (ND), en totes les taules i per totes les matrius.

Amb la finalitat de correlacionar els nivells dels diferents metalls en mostres d'aigua fluvial superficial amb potencials fonts emissores d'aquests compostos, s'ha realitzat una Anàlisi de Components Principals (ACP). L'aplicació d'aquesta anàlisi factorial ha permès obtenir un model tridimensional que explicaria el 83.93% de la variança total. El primer component principal (1), que explica el 46.65% de la variança, està forta i positivament correlacionat amb el Co, Cu, Sb, Se, Sn i V (**Taula 30**). Per altra banda, el segon component principal, que explica un 38.24 % de la variança, es troba altament correlacionat amb el Be i el Tl. Finalment, el tercer component (explica el 5.13% de la variança restant) està fortament correlacionat amb el Fe i el Mn.

La **Figura 28** representa el resultat de l'aplicació de l'anàlisi multivariant que es du a terme amb totes les mostres recollides. La majoria presenten un comportament similar, formant una mateixa agrupació. En el centre de la figura, però es poden observar clarament tres grups que es diferencien del clúster inicial. En color rosa, s'han encerclat les mostres corresponents al tram fluvial del Delta de l'Ebre. Les mostres d'aigua fluvial dels **Trams 1** i **2**, tant per les campanyes 2005 com 2006 s'han encerclat en verd, degut a que la seva

composició metàl·lica és similar, mentre que en color violaci, s'han destacat les mostres de l'Embassament de Siurana durant l'octubre de 2006, i el gener i l'abril del 2007.

Taula 30- Matriu de components correlacionats amb els metalls per totes les mostres d'aigua fluvial de la conca catalana del riu Ebre.

	1	2	3
Al	0.519	0.154	0.452
As	-0.066	.405	0.500
Ba	-0.329	-.264	0.642
Be	-0.024	0.977	0.009
Cd	-0.134	0.484	-0.101
Co	0.859	-0.244	0.161
Cr	0.265	.0116	-0.037
Cu	0.917	-0.077	-0.071
Fe	-0.103	-0.205	0.887
Hg	0.686	0.133	-0.059
Mn	0.095	0.179	0.890
Mo	0.441	0.552	-0.089
Ni	0.082	-0.148	-0.109
Pb	0.368	0.055	0.119
Sb	0.849	-0.026	-0.038
Se	0.860	0.185	-0.077
Sn	0.699	0.621	-0.082
Tl	-0.019	0.967	-0.001
V	0.942	-.073	-0.091
Zn	0.572	0.164	-0.036

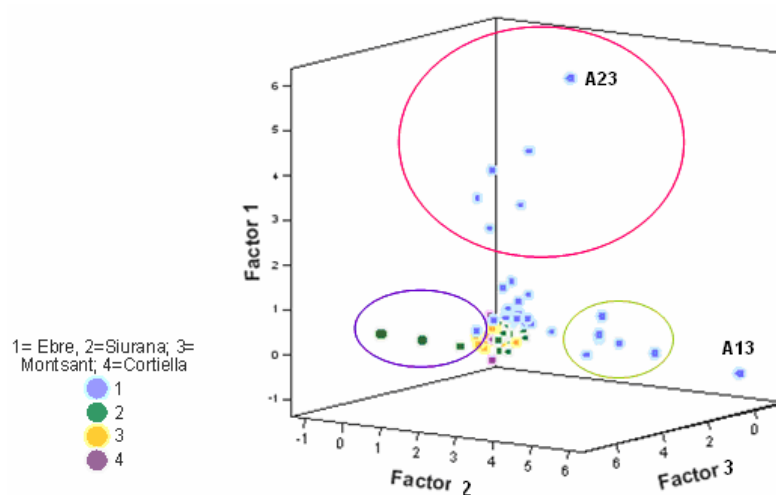


Figura 28- APC on els punts de mostreig es diferencien segons els rius estudiats.



Les mostres A23, tant per la campanya del 2005 com 2006, van presentar diferències amb la resta, degudes principalment a que es va prendre la mostra en els canals de regadiu de camps d'arròs, prop de la zona de la Tancada. Diferències similars van ser detectades per altres investigadors en comparar camps regats per inundació amb altres tipus de camps de cultiu (Gimeno-García i col·ls., 1999; Boluda i col·ls., 2002; Al Rmalli i col·ls., 2005). La mostra A13, situada a Torroja del Priorat, per totes les campanyes de monitorització es va allunyar dels altres grups. En conseqüència, aquest punt podria presentar algun tipus de contaminació diferent a la resta, deguda probablement a les característiques edàfiques del sòl de la conca, ric en pissarres (esquist) i granit (**Taula 2**). Per la situació dels punts A13 dins de l'espai tridimensional del APC (**Figura 28**), caldria esperar concentracions de metalls correlacionats i amb valors propers a 1 pel factor 3, com són el Fe, el Mn i el Ba.

Si es vol representar el resultat de l'aplicació de l'anàlisi multivariant per trams de mostreig, els resultats obtinguts són similars als de la **Figura 28**. La **Figura 29** ha variat el seu angle de rotació respecte a la figura anterior, per tal d'observar millor les agrupacions existents. Segons els trams de mostreig, el comportament metàl·lic de les aigües fluvials és similar, tant per les diferents campanyes de monitorització, com per els trams analitzats. De nou en color rosa, s'han encerclat les mostres corresponents al tram fluvial del Delta de l'Ebre, mentre que en color violaci, s'han destacat les mostres de l'embassament de Siurana durant l'octubre 2006, i el gener del 2007.

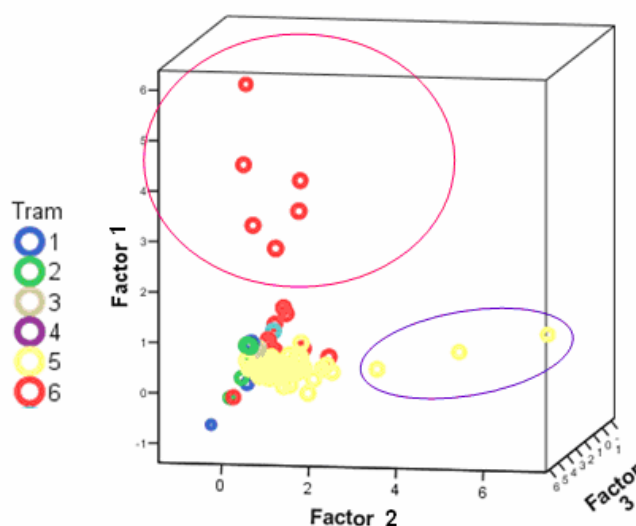


Figura 29- APC on els punts de mostreig es diferencien segons els trams.



Les diferències entre els trams a la **Figura 29** podrien ser degudes a la mobilització dels metalls des dels sediments de l'embassament sota certes condicions, com són les variacions del pH o el contingut de matèria orgànica de les aigües fluvials, comentats anteriorment (Samecka-Cymerman i col·ls., 2005; Rodriguez Martin i col·ls., 2006). L'origen hidrogeològic de la conca influeix també en la presència dels metalls, ja que les aigües tenen la capacitat de dissoldre part de les roques en les que es troben en contacte i variar la composició química de les aigües dels rius (Miller i col·ls., 2004; Gallo i col·ls., 2006).

La **Taula 31** recull la mitjana de les concentracions de metalls, la desviació estàndard (DE) i l'evolució temporal de les concentracions en el tram fluvial del riu Ebre durant els anys 2005 i 2006. En general, es va observar una disminució en les concentracions de gairebé tots els metalls, que va ser significativa per l'As, el Fe i el Mo ($P < 0.001$); pel Cr ($P < 0.01$) i finalment pel Cd i Tl ($P < 0.05$). Només es va observar lleuger augment en les concentracions de Cu, Hg, Pb, Sb que va ser significatiu pel V ($P < 0.01$).

Taula 31- Mitjana \pm Desviació estàndard de les concentracions de metalls en aigua fluvial, expressats en $\mu\text{g/L}$. Evolució temporal al riu Ebre.

	Març 2005	Març 2006	P
Al	46.39 \pm 26.61	45.18 \pm 54.11	
As	2.49 \pm 0.52	0.74 \pm 0.88	<0.001
Ba	29.44 \pm 15.02	20.95 \pm 12.49	
Be	1.78 \pm 2.72	0.14 \pm 0.39	
Cd	0.10 \pm 0.08	0.04 \pm 0.06	<0.05
Co	0.22 \pm 0.16	0.26 \pm 0.30	
Cr	6.02 \pm 5.19	3.55 \pm 5.40	<0.01
Cu	3.62 \pm 1.37	11.08 \pm 20.47	
Fe	19.86 \pm 17.54	5.68 \pm 5.91	<0.001
Hg	0.09 \pm 0.12	0.24 \pm 0.51	
Mn	31.12 \pm 61.91	16.24 \pm 23.77	
Mo	7.39 \pm 6.04	3.69 \pm 6.07	<0.001
Ni	15.21 \pm 18.55	7.53 \pm 16.56	
Pb	0.75 \pm 0.45	0.99 \pm 1.91	
Sb	0.18 \pm 0.14	0.77 \pm 2.01	
Se	1.51 \pm 1.37	1.79 \pm 2.44	
Sn	0.95 \pm 0.62	0.54 \pm 0.76	
Tl	0.58 \pm 0.47	0.06 \pm 0.13	<0.05
V	2.56 \pm 1.19	25.70 \pm 64.44	<0.01
Zn	16.55 \pm 16.72	13.44 \pm 20.39	



Les concentracions es van comparar amb els valors establerts per la legislació espanyola i la comunitat europea per aigües destinades a ser utilitzades com a prepotables, segons els objectius de qualitat fixats per a determinades substàncies contaminants (DOCE, 1976; BOE, 1988; 2000), i que es presenten en la **Taula 32**.

Totes les concentracions de metalls en aigua fluvial de la conca catalana del riu Ebre van donar compliment, durant els diferents períodes de monitorització, als objectius de qualitat de certes substàncies contaminants del Reglament de Domini Públic Hidràulic del RD 995/2000 (BOE, 2000). Pel Ba i el Fe, totes les concentracions detectades es van trobar molt per sota dels valors establerts en el RD 927/1988 del Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (RAPAPH) (BOE, 1988). Finalment, pel Cd, i el Hg, les concentracions trobades al llarg del riu Ebre i dels seus afluents es van detectar molt per sota del valor màxim permès per la Directiva 76/464/CEE i les posteriors modificacions fetes de la mateixa, que no afecten als valors establerts l'any 1976 (DOCE, 1976).

Taula 32- Concentracions màximes de metalls en aigua fluvial, expressades en $\mu\text{g/L}$, segons la legislació espanyola i europea.

	Concentració màxima	Referència legal
Al		
As	50.00	R.D 995/2000 (BOE, 2000)
Ba	1000.0	RAPAPH (BOE, 1988)
Cd	5.00	76/464/CEE (DOCE, 1976)
Co		
Cr	50.00	R.D 995/2000 (BOE, 2000)
Cu	120.0	R.D 995/2000 (BOE, 2000)
Fe	2000.0	RAPAPH (BOE, 1988)
Hg	1.00	76/464/CEE (DOCE, 1976)
Mn		
Mo		
Ni	200.0	R.D 995/2000 (BOE, 2000)
Pb	50.00	R.D 995/2000 (BOE, 2000)
Sb		
Se	1.00	R.D 995/2000 (BOE, 2000)
Zn	500.0	R.D 995/2000 (BOE, 2000)

Per trams de mostreig, el **Tram 1 (Taula 33)**, corresponent a la zona de l'embassament de Riba-Roja d'Ebre, es va indicar una disminució en la concentració dels



metalls durant l'any 2006, que va ser significativa només en el cas de l'Al, el Fe, el Mo i el V ($P < 0.001$). Es va produir només un augment significatiu en la concentració de Zn de 17.35 ± 4.51 a $21.70 \pm 22.78 \mu\text{g/L}$.

Taula 33- Concentracions de metalls en aigua fluvial del Tram 1. Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en aigua fluvial, expressats en $\mu\text{g/L}$. Evolució temporal entre els mesos de març del 2005 i 2006.

Tram 1	Març 2005 (n=3)	Març 2006 (n=3)	P
Al	48.94 \pm 19.96	30.23 \pm 20.67	<0.01
As	3.25 \pm 0.45	2.00 \pm 1.11	
Ba	29.85 \pm 0.35	23.41 \pm 11.80	
Be	ND	0.04 \pm 0.02	
Cd	0.17 \pm 0.08	0.09 \pm 0.08	
Co	0.37 \pm 0.06	0.24 \pm 0.12	
Cr	13.02 \pm 7.30	8.55 \pm 5.75	
Cu	5.12 \pm 0.88	3.34 \pm 1.96	
Fe	18.21 \pm 7.44	13.72 \pm 6.99	<0.01
Hg	ND	0.03 \pm 0.03	
Mn	2.97 \pm 0.89	3.66 \pm 2.77	
Mo	11.47 \pm 6.65	6.07 \pm 5.93	<0.05
Ni	44.04 \pm 24.72	23.60 \pm 22.22	
Pb	0.48 \pm 0.00	0.54 \pm 0.33	
Sb	0.11 \pm 0.06	0.10 \pm 0.06	
Se	0.32 \pm 0.23	0.49 \pm 0.24	
Sn	0.34 \pm 0.10	0.40 \pm 0.20	
Tl	ND	0.18 \pm 0.09	
V	4.21 \pm 0.75	2.56 \pm 1.49	<0.05
Zn	17.35 \pm 4.51	21.70 \pm 22.78	<0.05

A la **Taula 34** es recullen les concentracions de metalls en aigua fluvial del **Tram 2**, corresponents als punts aigües avall de la presa de Flix, i en el punt de desembocadura del riu Siurana a l'Ebre a l'alçada de Garcia. Pel **Tram 2**, les concentracions de Hg i Sb es van trobar per sota del límit de detecció (ND) durant les dues campanyes de monitorització. En general, es va notar una disminució dels nivells de metalls, que va ser significativa per l'Al, el Cr, el Fe o el Zn, i que va disminuir les concentracions de Be i Cd fins a situar-les per sota del límit de detecció.



Taula 34- Concentracions de metalls en aigua fluvial del Tram 2. Mitjana \pm DE expressades en $\mu\text{g/L}$. Evolució temporal entre els mesos de març del 2005 i 2006.

Tram 2	Març 2005 (n=3)			Març 2006 (n=3)			P
Al	41.14	\pm	9.40	15.82	\pm	4.77	<0.01
As	2.38	\pm	0.22	0.37	\pm	0.46	
Ba	29.79	\pm	0.51	27.75	\pm	0.57	
Be	0.05	\pm	0.02			ND	
Cd	0.13	\pm	0.05			ND	
Co	0.30	\pm	0.04	0.17	\pm	0.00	
Cr	9.57	\pm	3.57	0.53	\pm	0.02	<0.01
Cu	4.76	\pm	0.74	3.47	\pm	1.16	
Fe	17.36	\pm	3.10	5.00	\pm	0.00	<0.01
Hg			ND			ND	
Mn	3.11	\pm	0.28	4.67	\pm	0.53	
Mo	8.44	\pm	3.42	0.60	\pm	0.04	
Ni	33.23	\pm	11.93	7.25	\pm	1.30	<0.05
Pb	0.76	\pm	0.49	0.07	\pm	0.04	
Sb			ND			ND	
Se	0.57	\pm	0.17	1.29	\pm	0.72	
Sn	0.50	\pm	0.25	0.22	\pm	0.08	
Tl	0.22	\pm	0.06			ND	
V	2.11	\pm	2.09	6.71	\pm	0.58	<0.05
Zn	32.90	\pm	38.19	4.64	\pm	3.98	<0.05

En comparar les concentracions obtingudes durant les campanyes del 2005 i 2006, amb els estudis de la CHE per l'estació d'aforament de Flix (**Taula 35**), es va observar que en general les concentracions obtingudes van ser similars, tot i que inferiors, entre els períodes de monitorització existia una diferència aproximada de 15 dies i un canvi en els cabals i punts de mostreig.

Les concentracions de Be, Cd, Fe, Hg, i Sb, que durant el 2005, ja es trobaven molt properes al seu límit de detecció, van disminuir fins a situar-se per sota del seu LOD (**Taula 34**). El Ni i el Zn, oligoelements àmpliament utilitzats com a fertilitzants, van disminuir significativament les seves concentracions durant l'any 2006 ($P < 0.05$). Durant el mes de març del 2006 es va produir, una setmana abans del mostreig una nevada important en les comarques centrals de la conca, amb gruixos de fins a 15 cm de neu, que van retardar la fertilització dels camps de conreu de préssec i de vinya de la zona. Miller i col·laboradors (2004) van descriure augments en les concentracions d'Al, Ni, Fe, Cu i Zn en els rius durant períodes de fertilització dels camps a Bolívia, mentre que Zhao i col·laboradors (2006) van



descriure comportament similars en sòls. Cal considerar que els camps de conreu dels **Trams 2 i 3**, es troben en la zona de ribera, i que per efecte de l'erosió o de la pluja, podrien transportar molts dels metalls cap al riu (Ramos i col·ls., 1999b; Miller i col·ls., 2004). Altres investigadors han demostrat al riu Garona (França) que variacions en el període de mostreig, suposen diferències importants entre les concentracions de certs metalls, degut principalment a canvis de cabals o de propietats físico-químiques de l'aigua fluvial (Audry i col·ls., 2004). El punt de mostreig de la CHE a Flix és proper a la presa de Flix, mentre que en el present estudi, s'han presentat resultats de tot el pantà, des de la presa de Riba-Roja fins a la presa de Flix, de manera que són mostres més representatives d'un tram. Investigadors xinesos van proposar metodologies de mostreig similar, degut a la variabilitat existent entre els punts de mostreig i les fonts de contaminació (Ouyang i col·ls., 2006).

Taula 35- Mitjana de les concentracions de metalls en aigua fluvial segons la CHE pel període febrer - abril de cada any estudiat (CHE, 2005b; 2007).

	<i>Flix</i>		<i>Xerta</i>		<i>Tortosa</i>	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006
Al	61.25	63.25	60.78	70.09	50.00	62.14
As	4.00	4.98	4.00	5.19	3.79	3.43
Ba	80.50	80.76	79.20	90.74	74.76	86.89
Cd	0.50	0.76	0.50	0.85	0.45	0.45
Co	1.00	1.26	1.00	1.41	0.98	0.91
Cr	4.00	4.26	4.87	4.78	3.61	3.50
Cu	4.00	4.26	3.00	4.78	5.48	4.79
Fe	20.00	20.26	21.11	22.76	21.07	18.93
Hg	0.50	0.76	1.88	0.85	0.60	0.45
Mn	15.00	15.26	10.00	17.14	5.96	5.96
Mo	4.00	4.26	21.16	4.78	3.50	3.75
Ni	5.00	5.26	2.38	5.91	4.50	4.61
Pb	10.00	10.26	11.47	11.53	9.00	9.00
Sb	4.00	4.26	4.08	4.78	3.43	3.00
Se	10.00	10.26	4.02	11.53	6.04	4.71
Zn	23.00	23.26	19.58	26.13	23.07	18.29

El **Tram 3**, que inclou les poblacions riberenques de Móra la Nova, Móra d'Ebre, Miravet, Benifallet i Xerta, és una zona eminentment agrícola i ramader. A la **Figura 4** es pot observar com és una àrea es conreen fruiters de secà i de regadiu, i conreus de tipus herbaci de regadiu o d'horta. Pel que fa a la ramaderia, a la **Figura 10** es representa, la gran



quantitat de granges que apareixen prop de la zona de ribera, principalment de tipus oví, porcí i boví, i en menor mesura avians. La **Taula 36** recull les concentracions mitjanes de metalls en el **Tram 3** durant les campanyes de monitorització del 2005 i 2006. De manera similar al **Tram 2**, les concentracions de Be, Cd, Fe, Hg, i Sb i Tl, que durant el 2005, ja es trobaven molt properes al seu límit de detecció, van disminuir fins a situar-se per sota d'aquest LOD (**Taula 36**).

Taula 36- Concentracions de metalls en aigua fluvial del Tram 3. Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en aigua fluvial, expressades en $\mu\text{g/L}$. Evolució temporal entre els mesos de març del 2005 i 2006.

Tram 3	Març 2005 (n=3)	Març 2006 (n=3)	P
Al	18.08 \pm 10.96	32.11 \pm 11.53	
As	2.05 \pm 0.05	0.48 \pm 0.03	
Ba	27.68 \pm 1.81	28.00 \pm 0.76	
Be	0.05 \pm 0.02	ND	
Cd	0.03 \pm 0.01	ND	
Co	0.24 \pm 0.05	0.19 \pm 0.01	
Cr	4.85 \pm 5.30	1.05 \pm 0.80	
Cu	2.31 \pm 0.93	3.68 \pm 1.33	
Fe	13.26 \pm 7.09	ND	
Hg	0.04 \pm 0.06	ND	
Mn	6.10 \pm 4.91	11.17 \pm 2.73	
Mo	1.61 \pm 0.13	0.59 \pm 0.04	
Ni	7.00 \pm 2.35	0.60 \pm 0.06	<0.05
Pb	0.48 \pm 0.00	0.48 \pm 0.43	
Sb	0.12 \pm 0.07	ND	
Se	0.61 \pm 0.29	0.84 \pm 0.58	
Sn	0.56 \pm 0.09	0.36 \pm 0.22	
Tl	0.25 \pm 0.00	ND	<0.05
V	2.38 \pm 0.30	3.80 \pm 3.22	
Zn	6.62 \pm 5.15	2.60 \pm 0.66	<0.05

El Ni i el Zn, van disminuir significativament les seves concentracions durant l'any 2006, tot i ser elements àmpliament utilitzats com a fertilitzants. La contaminació generada pel sector agrari o ramader de l'àrea estudiada és molt complexa i difícil de caracteritzar pels **Trams 3, 4 i 5** (Mañosa i col·ls., 2001). Els residus i subproductes procedents de les explotacions agràries, junt amb les pràctiques de ramaderia extensiva de la zona, es converteixen també en fonts difuses de diversos grups de contaminants metàl·lics (Mañosa i col·ls., 2001; CHE, 2005; Causape i col·ls., 2006). La contaminació de sòls amb dejeccions



ramaderes per aplicació directa com a fertilitzants, suposa una potencial transferència d'aquests contaminants cap a les aigües fluvials, subterrànies o les plantes (Lacalle Pareja i col·ls., 2003). En molts dels casos, l'ús de purins (origen porcí) i gallinassa (d'origen aviar), té una justificació basada en el manteniment o increment de la producció i suposa un augment considerable en la concentració de certs contaminants en els camps de conreu (Franco i col·ls., 2006; Margui i col·ls., 2007), en els sòls de ribera i en els rius (Ramos i col·ls., 1999b; Martínez i col·ls., 2006). Així doncs, en aquest tram, no es va notar l'efecte de la contaminació puntual o difosa de l'agricultura en l'aigua fluvial.

A la **Taula 37** es recullen les concentracions de metalls en aigua fluvial del **Tram 4**, corresponents als punts aigües avall de Xerta i fins a Deltebre, la zona amb un índex de població major de tota la conca. A la taula es mostren les mitjanes i les desviacions estàndard de les concentracions de metalls en aigua fluvial superficial.

Taula 37- Concentracions de metalls en aigua fluvial del Tram 4. Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en aigua fluvial, expressades en $\mu\text{g/L}$. Evolució temporal entre els mesos de març del 2005 i del 2006.

Tram 4	Març 2005 (n=4)			Març 2006 (n=4)		
Al	21.38	\pm	3.96	38.07	\pm	8.49
As	1.82	\pm	0.03	0.61	\pm	0.08
Ba	27.70	\pm	0.15	28.87	\pm	0.69
Be	0.05	\pm	0.01			ND
Cd	0.04	\pm	0.02			ND
Co	0.24	\pm	0.00	0.21	\pm	0.00
Cr	1.50	\pm	0.07	1.72	\pm	1.42
Cu	1.27	\pm	0.00	3.89	\pm	0.82
Fe	10.32	\pm	5.82			ND
Hg			ND			ND
Mn	6.09	\pm	0.16	15.11	\pm	6.67
Mo	1.28	\pm	0.11	0.62	\pm	0.01
Ni	8.65	\pm	0.83	0.69	\pm	0.14
Pb	0.48	\pm	0.00	0.26	\pm	0.07
Sb			ND			ND
Se			ND	1.38	\pm	0.01
Sn			ND	0.20	\pm	0.13
Tl			ND			ND
V	3.07	\pm	0.24			ND
Zn	7.16	\pm	3.10	4.21	\pm	0.61

No es van detectar diferències estadísticament significatives al comparar concentracions del 2005 amb les del 2006



Els resultats es van comparar amb les dades subministrades per les estacions d'aforament de la CHE a Xerta i Tortosa els anys 2005 i 2006 (**Taula 35**). Les concentracions de metalls obtingudes van ser clarament inferiors a les de la CHE. Aquest fet podria ser degut, no només a les diferències en el període de mostreig, d'uns 15 dies, i per tant a canvis en el cabal de l'aigua (**Taula 18**), sinó també a la fracció del riu en el qual es prenen les mostres. En el present estudi són mostres d'aigua superficial a un 3 metres de la ribera, mentre que el mostreig de la CHE es realitza al segment central del riu Ebre (CHE, 2005b; 2007). És conegut que les diferències en el segment del riu, així com en la profunditat poden suposar diferències en les concentracions de metalls (Fernández-Turiel i col·ls., 2003; Martínez i col·ls., 2006).

Cal considerar en aquest tram, la presència de 5 estacions depuradores d'aigües residuals (EDARs) (**Figura 12**). El tractament terciari de les aigües residuals, suposa processos de decantació terciària i tractaments específics depenent dels productes químics existents a l'aigua residual, que no eliminen eficientment els metalls (Vidal i col·ls., 2000). Per tant l'aigua que es retorna al riu ho fa amb una gran càrrega metàl·lica (Atauri Mezquida i col·ls., 2005). Per exemple, alguns contaminants, com els associats als abocaments d'aigües residuals d'origen urbà, o els procedents de les fonts fluvials àcides, entren en el sistema fluvial en forma de col·loides, i ràpidament, es converteixen en partícules sòlides a causa dels processos de floculació que ocorren en els rius, deguts a canvis bruscos entre la química de les seves aigües i la font de metalls (Vidal i col·ls., 2000).

En el **Tram 5**, corresponent a la comarca del Priorat, a la **Taula 38** es recullen les mitjanes i les desviacions estàndards de les concentracions de metalls en aigua fluvial superficial, mentre que a la **Taula 39** apareixen les variacions temporals entre les diferents campanyes de mostreig. No existeixen controls previs realitzats per la CHE de les concentracions de metalls en els rius Siurana, Montsant ni Cortiella, ni tampoc estudis del cabal dels rius de la comarca. El Be, el Cd, el Se o el Tl es van trobar per sota del seu límit de detecció (**Taula 38**). L'absència d'aquests metalls, a excepció del Se, àmpliament distribuït en el medi, es podria relacionar amb la poca industrialització de la comarca (Mañosa i col·ls., 2001; IDESCAT, 2006). La **Taula 39** indica que es van produir augments en la majoria dels metalls des de l'abril a l'octubre del 2006, que van ser significatiu per l'Al, el Fe, el Mn, i el Zn ($P < 0.01$ i $P < 0.05$), possiblement deguts a l'erosió i arrossegament dels sòls de ribera cap al riu. El Mo i el Ni van disminuir prop d'un 30% les seves concentracions, però només el V la va reduir estadísticament des de 4.24 µg/L fins a 3.76 µg/L.

Taula 38- Concentracions de metalls en aigua fluvial del Tram 5. Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en aigua fluvial, expressades en $\mu\text{g/L}$ dels rius Siurana, Montsant i Cortiella.

	Gener 2006 (n=10)	Abril 2006 (n=10)	Octubre 2006 (n=10)	Gener 2007 (n=10)	Abril 2007 (n=5)
Al	18.83 \pm 16.38	13.59 \pm 13.05	63.65 \pm 42.28	51.22 \pm 33.23	74.92 \pm 21.92
As	0.83 \pm 0.32	0.50 \pm 0.27	1.36 \pm 1.05	0.81 \pm 0.22	1.13 \pm 0.69
Ba	56.47 \pm 27.98	61.41 \pm 24.44	75.66 \pm 22.54	56.12 \pm 11.85	64.66 \pm 29.78
Be	ND	ND	ND	ND	ND
Cd	ND	ND	ND	ND	ND
Co	0.12 \pm 0.05	ND	0.20 \pm 0.12	0.12 \pm 0.06	0.15 \pm 0.08
Cr	1.95 \pm 0.59	ND	2.06 \pm 0.26	1.83 \pm 0.63	2.13 \pm 0.35
Cu	4.45 \pm 3.09	3.42 \pm 1.84	4.00 \pm 1.94	2.01 \pm 0.99	0.96 \pm 0.89
Fe	22.84 \pm 20.93	18.35 \pm 21.47	56.58 \pm 56.08	27.03 \pm 15.10	38.53 \pm 41.99
Hg	ND	ND	ND	ND	ND
Mn	9.44 \pm 19.25	9.97 \pm 17.54	79.08 \pm 191.55	11.05 \pm 13.98	23.98 \pm 45.64
Mo	0.05 \pm 0.05	0.80 \pm 0.26	0.58 \pm 0.24	0.49 \pm 0.25	0.73 \pm 0.26
Ni	5.18 \pm 4.45	2.48 \pm 1.27	1.60 \pm 0.34	1.27 \pm 0.65	1.42 \pm 0.51
Pb	0.40 \pm 0.24	0.39 \pm 0.54	1.07 \pm 1.26	1.11 \pm 1.60	2.22 \pm 4.01
Sb	ND	0.30 \pm 0.07	0.44 \pm 0.49	0.30 \pm 0.29	0.20 \pm 0.09
Se	ND	ND	ND	ND	ND
Sn	0.11 \pm 0.12	0.11 \pm 0.06	0.14 \pm 0.10	0.10 \pm 0.05	0.06 \pm 0.03
Tl	ND	ND	ND	ND	ND
V	4.27 \pm 2.46	3.76 \pm 1.20	0.79 \pm 0.25	0.71 \pm 0.22	0.92 \pm 0.19
Zn	2.28 \pm 1.31	2.28 \pm 2.27	4.37 \pm 2.21	2.10 \pm 1.22	1.35 \pm 1.57

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5 /DL: T.2189-2007

Taula 39- Evolució temporal de les concentracions de metalls en aigua fluvial en els rius Siurana Montsant i Cortiella. Percentatge de variació entre les mitjanes de les concentracions.

	%Gener 06- Abril 06	%Abril 06- Octubre 06	%Octubre 06- Gener 07	%Gener 07- Abril 07	%Gener 06- Gener 07	%Abril 06 –Abril 07
Al	-27.9 **	368.5 **	-19.5	46.3	172.0 **	46.3 **
As	-38.9	170.7	-40.8	39.3	-2.1	39.3
Ba	8.7	23.2	-25.8	15.2	-0.6	15.2
Be	-	-	-	-	-	-
Cd	-	-	-	-	-	-
Co	-	-	-39.6	24.6	3.0	24.6
Cr	-100.0	-	-11.5	16.7	-6.4	16.7
Cu	-23.1	16.9	-49.8	-52.4	-54.9	-52.4
Fe	-19.7	208.4 *	-52.2	42.5	18.3 **	42.5 *
Hg	-	-	-	-	-	-100.0
Mn	5.6	693.2 *	-86.0	117.1	17.0 *	117.1
Mo	1440.4 **	-27.1	-16.9	49.6	833.5	49.6
Ni	-52.1	-35.5	-20.6	11.7	-75.5 **	11.7
Pb	-1.9	175.1	3.0	101.0	178.0	101.0
Sb	-	45.7	-31.7	-33.3	-	-33.3
Se	-	-	-	-	-	-
Sn	-3.0	25.7	-29.7	-37.6	-14.3	-37.6
Tl	-	-	-	-	-	-
V	-12.0	-78.8 **	-11.0	30.5	-83.4 **	30.5 **
Zn	-0.3	91.8 *	-51.9 *	-35.9	-8.1	-35.9 *

* $P < 0.05$ i ** $P < 0.01$



Després d'una llarga sequera de gairebé 6 mesos, amb precipitacions inferiors a 15 L/m² al mes (Viñas, 2006; Catalunya, 2007; Meteocat, 2007; XEMA, 2007), durant el setembre del 2006, van ploure prop de 170 L/m². Durant la campanya del 2007, es va produir una reducció de la concentració de metalls que només va ser significativa en el cas del Zn (P<0.05). Resultats similars van ser trobats en rius propers a zones agrícoles (Miller i col·ls., 2004).

A la **Taula 40** es mostren els resultats de la comparació de les concentracions de metalls en el **Tram 2** del riu Ebre, en el qual hi deseboquen els rius del Priorat (**Tram 5**). Pel riu Ebre s'han utilitzat les dades del mes de març del 2006 i pel Priorat les del mes d'abril del 2006. A la **Taula 40**, es pot observar que el **Tram 5** presentava concentracions significativament inferiors d'Al, Cu i V (P<0.05); Co, Cr i Se (P< 0.01) i Mn, Sn i Zn (P<0.001) respecte al **Tram 2** del riu Ebre, i que els rius de la comarca del Priorat, només presentaven nivells superiors de Ba i Fe, deguts principalment a les característiques dels sòls de la comarca del Priorat.

Taula 40- Concentracions de metalls en aigua fluvial del Tram 2 (Ebre) i del Tram 5 (Priorat). Mitjana ± DE, expressades en µg/L. Comparació del març del 2006 i l'abril del 2006.

	Març 2006 Tram 2 (n=3)	Abril 2006 Tram 5 (n=10)	P
Al	15.82 ± 4.77	13.59 ± 13.05	<0.05
As	0.37 ± 0.46	0.50 ± 0.27	
Ba	27.75 ± 0.57	61.41 ± 24.44	<0.001
Be	ND	ND	
Cd	ND	ND	
Co	0.17 ± 0.01	ND	<0.01
Cr	0.53 ± 0.02	ND	<0.01
Cu	3.47 ± 1.16	3.42 ± 1.84	<0.05
Fe	ND	18.35 ± 21.47	
Hg	ND	ND	
Mn	4.67 ± 0.53	9.97 ± 17.54	<0.001
Mo	0.60 ± 0.04	0.80 ± 0.26	
Ni	7.25 ± 1.30	2.48 ± 1.27	
Pb	0.07 ± 0.04	0.39 ± 0.54	
Sb	ND	0.30 ± 0.07	
Se	1.29 ± 0.72	ND	<0.01
Sn	0.22 ± 0.08	0.11 ± 0.06	<0.001
Tl	ND	ND	
V	6.71 ± 0.58	3.76 ± 1.20	<0.05
Zn	4.64 ± 3.98	2.28 ± 2.27	<0.001



A la **Taula 41** es recullen les concentracions de metalls en aigua fluvial del **Tram 6**, corresponents a la zona del Delta de l'Ebre. L'evolució temporal entre el 2005 i el 2006 va indicar una disminució significativa en les concentracions d'As i Sn ($P < 0.001$ i $P < 0.01$ respectivament). Les de Cu van augmentar significativament, de 3.58 $\mu\text{g/L}$ de mitjana fins a 45.12 $\mu\text{g/L}$ durant el 2006, possiblement degudes a la fertilització dels camps de conreu. Altres estudis realitzats en parcs naturals amb característiques similars al Delta de l'Ebre, com són els de l'Albufera Valenciana (Boluda i col·ls., 2002) o les Rieres de Huelva (Luque i col·ls., 2003), van evidenciar augments en les concentracions d'oligoelements deguts a la fertilització dels camps de cultiu la inundació dels camps d'arròs (Gimeno-García i col·ls., 1999). A la **Figura 30** es pot apreciar que la zona de La Tancada, presentava concentracions de metalls superiors al Fangar o al Tram Fluvial de Desembocadura del riu Ebre, expressades en %, degudes principalment a la major superfície de camps de conreu d'arròs i a la presència de les Salines de la Trinitat, properes al punt 22 de mostreig (Schuhmacher i col·ls., 1995; Mañosa i col·ls., 2001). En el punt 2A23 (**Annex 2**), en els canals dels camps de cultiu del Trabucador, les concentracions de Hg van augmentar fins a 2.27 $\mu\text{g/L}$, possiblement degudes a l'efecte dels fungicides mercurials utilitzats en els tractaments dels camps de cultiu (DARP, 2004).

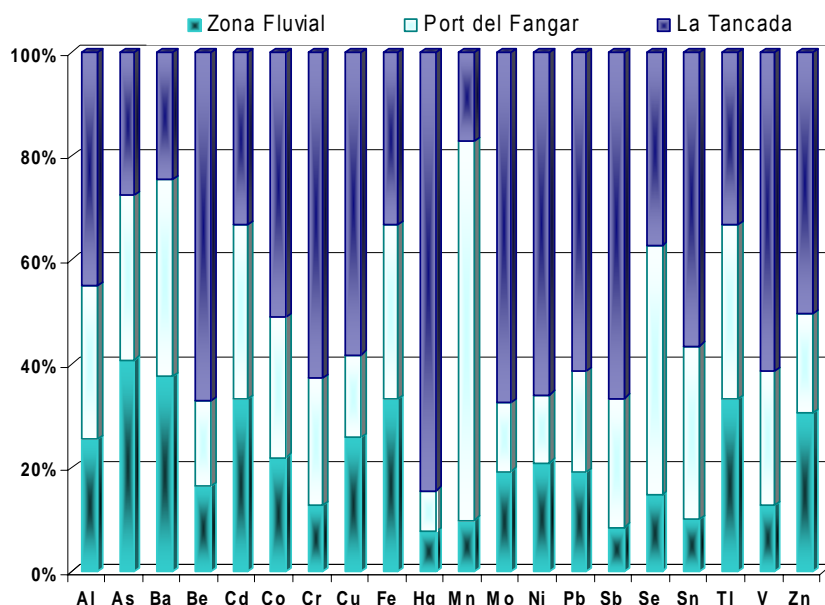


Figura 30- Percentatge de concentració de metalls en el Tram 4 i el Tram 6 al Delta de l'Ebre.

En el cas de que es produís un augment de la temperatura o del cabal de l'aigua del riu Ebre, s'esperaria un increment en les concentracions d'As, Pb, Tl en l'aigua fluvial, ja que s'ha detectat una correlació experimental positiva entre ambdós paràmetres. Per altra



banda, s'esperaria una reducció en les concentracions de Cr, Fe, Hg, Mn i Ni (**Taula 42**). En els rius Siurana Montsant i Cortiella, una pujada de la temperatura de l'aigua hauria de produir una disminució en les concentracions de Pb en el tram fluvial del Priorat. De manera similar al riu Ebre, un augment en l'Al, Cu i Ni en dissolució es podria donar per un increment de la temperatura. Pel Priorat, una variació en el pH de l'aigua suposaria un canvi important en les concentracions de la majoria dels metalls, degut a que es tracta d'un paràmetre físico-químic correlacionat positivament amb molts dels elements (As, Ba, Cu, Fe, Ni, Sb i Se) i negativament amb els elements traça (Be, Cd, Co, Cr, Hg). Rosas (2001), al riu Llobregat i els seus afluents, va detectar també correlacions positives entre el pH i l'As, el Be, el Cu i el Fe.

Taula 41- Concentracions de metalls en aigua fluvial del Tram 6. Mitjana \pm DE, expressades en $\mu\text{g/L}$. Evolució temporal entre els mesos de març del 2005 i del 2006.

Tram 6	Març 2005 (n=6)	Març 2006 (n=6)	P
Al	65.76 \pm 27.58	108.38 \pm 68.02	
As	2.55 \pm 0.43	0.64 \pm 0.24	<0.001
Ba	30.24 \pm 24.66	29.14 \pm 9.21	
Be	4.38 \pm 2.69	0.11 \pm 0.09	
Cd	0.11 \pm 0.10	ND	
Co	0.11 \pm 0.19	0.62 \pm 0.36	<0.01
Cr	4.17 \pm 2.65	4.49 \pm 4.52	
Cu	3.85 \pm 0.58	45.12 \pm 26.64	<0.01
Fe	24.78 \pm 26.46	ND	
Hg	0.20 \pm 0.13	0.47 \pm 0.75	<0.01
Mn	70.72 \pm 86.06	30.26 \pm 34.80	
Mo	9.92 \pm 6.13	7.24 \pm 6.68	
Ni	3.19 \pm 3.10	6.90 \pm 5.88	
Pb	1.06 \pm 0.54	2.33 \pm 2.52	<0.01
Sb	0.29 \pm 0.15	2.47 ND 2.74	
Se	2.62 \pm 1.30	6.48 \pm 3.82	
Sn	1.64 \pm 0.23	1.34 \pm 1.08	<0.01
Tl	1.09 \pm 0.29	ND	
V	2.12 \pm 0.91	112.75 \pm 90.44	
Zn	17.03 \pm 11.77	24.30 \pm 15.96	

A la **Taula 43** es recull la matriu de correlació de Pearson entre els metalls de l'aigua fluvial. En general, es va observar una correlació positiva i significativa entre els elements Ba, Cu, Fe, Mn, Ni i Zn ($P < 0.01$ i $P < 0.05$). Al Perú, al riu Ramis, es van detectar correlacions positives entre el Fe i Mn, i entre el Ni i el Zn (Gammons i col·ls., 2006).

Taula 42- Matriu de correlació de Pearson entre les propietats físico-químiques de l'aigua fluvial i els metalls.

Ebre Fluvial	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
T^a ambient	0.37	0.56	0.31	-0.14	0.32	0.54	0.32	-0.14	-0.56	-0.57	0.04	0.31	0.36	0.48	-0.09	-0.41	-0.05	0.44	-0.40	0.40
T^a aigua	-0.11	0.14	-0.09	0.33	-0.23	0.01	-0.10	-0.72	-0.43	-0.29	0.21	-0.24	-0.17	0.26	0.06	-0.13	0.19	0.60	-0.61	-0.07
pH	0.22	0.78	0.24	-0.19	0.39	0.62	0.52	-0.39	-0.90	-0.76	-0.35	0.44	0.50	0.59	0.06	-0.64	0.33	0.86	-0.35	0.33
EC	0.18	-0.26	0.13	0.09	-0.10	-0.14	-0.15	-0.09	0.27	0.26	0.64	-0.20	-0.22	-0.10	-0.03	0.34	-0.24	-0.23	-0.48	-0.12
PTS	-0.23	-0.45	-0.21	0.43	-0.56	-0.48	-0.45	-0.64	0.22	0.32	0.62	-0.57	-0.56	-0.12	0.03	0.31	0.00	0.01	-0.48	-0.39
O₂dissolt	0.32	0.42	0.18	-0.09	0.42	0.55	0.49	0.03	-0.39	-0.34	-0.14	0.47	0.48	0.31	0.02	-0.22	-0.11	0.21	0.15	0.25
Q	0.14	0.55	-0.34	-0.07	0.11	0.73	-0.19	0.05	-0.65	-0.41	0.07	-0.27	-0.31	0.44	-0.04	-0.29	0.13	0.67	0.12	0.05

Priorat	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
T^a ambient	-0.19	-0.20	0.14	0.50	0.09	-0.21	-0.04	0.11	-0.13	0.50	-0.17	-0.21	0.35	-0.04	-0.07		-0.13	0.20	0.41	-0.20
T^a aigua	-0.44	-0.13	0.04	-0.08	-0.12	-0.12	-0.19	0.39	-0.13	0.04	-0.07	-0.17	0.38	-0.35	-0.17	0.11	-0.11	-0.12	0.72	0.05
pH	-0.01	-0.41	-0.60	0.46	0.44	0.49	0.56	-0.46	-0.29	0.46	-0.08	-0.07	-0.29	-0.18	-0.31	-0.76	0.43	0.57	0.24	0.03
EC	-0.19	0.02	-0.27	0.34	-0.10	-0.04	-0.10	0.21	-0.05	0.34	-0.01	-0.12	0.11	-0.27	-0.22		0.53	0.49	0.26	0.18
PTS	-0.63	-0.45	-0.21	0.71	0.01	-0.48	-0.46	0.37	-0.37	0.71	-0.29	-0.32	0.41	-0.32	-0.10		0.26	0.79	0.71	-0.10
O₂dissolt	-0.27	-0.74	-0.41	-0.04	0.05	-0.64	-0.14	-0.02	-0.57	-0.04	-0.66	-0.15	0.11	-0.01	0.11		0.26	-0.04	0.13	-0.26

T^a: temperatura; EC: conductivitat elèctrica; PTS: partícules totals en suspensió; O₂ dissolt: oxigen dissolt; Q: cabal. Verd: correlació positiva, vermell: correlació negativa, Fons groc nivell de significació inferior a 0.01, color carbassa, nivell de significació inferior a 0.05. Al Priorat, en no disposar de dades de cabal, no s'ha fet l'estudi de correlació.

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5 /DL: T.2189-2007

Taula 43- Matriu de correlació de Pearson entre els metalls de l'aigua fluvial.

	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn	
Al																					
As	0.26																				
Ba	-0.02	0.70																			
Be	-0.04	-0.59	-0.86																		
Cd	0.20	-0.39	-0.72	0.83																	
Co	0.01	-0.19	-0.29	0.36	0.14																
Cr	0.55	0.60	0.23	-0.41	-0.17	-0.15															
Cu	0.07	0.58	0.86	-0.75	-0.61	-0.25	0.24														
Fe	-0.34	-0.54	0.11	-0.10	-0.22	-0.10	-0.48	0.23													
Hg	0.00	-0.72	-0.99	0.84	0.70	0.27	-0.21	-0.85	-0.05												
Mn	0.11	0.14	0.59	-0.40	-0.40	-0.12	-0.24	0.48	0.40	-0.57											
Mo	0.63	0.72	0.42	-0.32	-0.10	0.07	0.79	0.44	-0.46	-0.42	-0.03										
Ni	0.62	0.79	0.47	-0.41	-0.14	-0.12	0.83	0.47	-0.50	-0.47	-0.03	0.97									
Pb	0.23	-0.11	-0.52	0.72	0.70	0.28	-0.12	-0.46	-0.43	0.49	-0.25	0.03	-0.03								
Sb	-0.19	0.15	0.14	0.07	0.04	0.06	-0.08	0.08	-0.02	-0.14	0.05	0.00	-0.02	0.14							
Se	-0.28	0.18	0.76	-0.65	-0.62	-0.23	-0.08	0.66	0.50	-0.74	0.55	0.04	0.06	-0.66	0.13						
Sn	0.02	-0.47	-0.76	0.60	0.45	0.32	-0.06	-0.65	-0.15	0.77	-0.47	-0.25	-0.29	0.33	-0.42	-0.66					
Tl	0.07	-0.40	-0.61	0.63	0.53	0.39	-0.20	-0.54	-0.21	0.59	-0.34	-0.17	-0.25	0.46	0.01	-0.49	0.34				
V	-0.48	-0.32	-0.42	0.06	-0.22	-0.30	-0.26	0.38	0.42	0.36	-0.40	-0.18	-0.20	-0.29	0.00	0.31	-0.40	-0.48			
Zn	0.23	0.48	0.49	0.27	0.29	0.55	0.27	0.29	-0.42	-0.47	-0.27	0.33	0.34	0.73	-0.13	-0.38	-0.07	0.20	-0.04		

Verd: correlació positiva, vermell: correlació negativa, Fons groc nivell de significació inferior a 0.01, color carbassa, nivell de significació inferior a 0.05.



La correlació entre les concentracions de tots els metalls en aigua es representa a les **Figures 31 i 32** mitjançant els algorismes Self-Organizing Map (SOM). La topologia es divideix en dos factors o figures:

- estructura local de la xarxa hexagonal o malla que representa les distribucions de les mostres en l'espai 3D (**Figura 31**). De manera similar a un APC, quan més properes es troben en l'espai, major és la semblança entre les concentracions de metalls. La posició de les mostres dins de la malla, permet en la **Figura 32**, comparar la concentració de metall amb la resta de les mostres (Ferré-Hugué i col·ls., 2006).
- la forma global del mapa (toroide, **Figura 32**), on apareixen en color les concentracions. Les tonalitats blaves denoten menor concentració en aquell hexàgon de la malla, que pot correspondre a un punt de mostreig o més de la **Figura 31**. Les tonalitats vermelloses indiquen un augment en la concentració de metall per les mostres que la distribució ha posicionat en aquell hexàgon de la malla.

A la **Figura 31** es poden observar diferents agrupacions de les mostres d'aigua fluvial (part inferior de la Figura), i encerclades en color verd el SOM ha agrupat les mostres del **Tram 6**, que presenten majors concentracions d'Al, As, Cd, Mo, Sb, Se, i TI (**Figura 32**), ja que els hexàgons inferiors mostren una coloració més vermellosa. Encerclades en rosa i lila, a la **Figura 31**, s'han agrupat els punts dels Trams fluvials de l'Ebre, amb concentracions inferiors a les de la resta dels punts de mostreig dels trams fluvials corresponents a les 5 campanyes de monitorització (part central i superior dreta de la **Figura 31**). Respecte a la resta dels punts de mostreig, les aigües fluvials van presentar majors concentracions de Ba, Fe i Mn. Als punts 19, 20 i 21, corresponents al riu Montsant es van detectar les majors concentracions de Ba, properes als 90.00 µg/L, mentre que a l'embassament de Siurana (punt 12), les concentracions de Mn van ser les més altes de tota la conca, amb valors de fins a 357.00 µg/L.

4.2.2- AIGUA DE CONSUM

Les concentracions de metalls en aigua consum (AC) es presenten a l'**Annex 2**. A la **Taula A2.5** es recullen les concentracions durant les campanyes de monitorització del març (1) i l'agost (2) del 2006, respectivament. El codi de les mostres indica: campanya- AC- punt de mostreig.

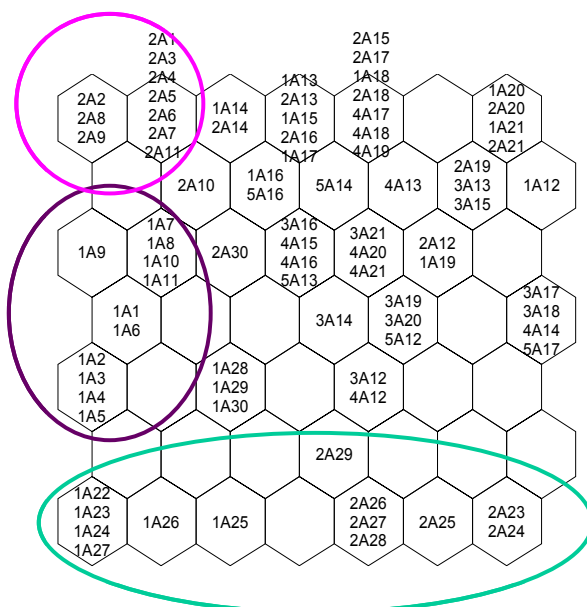


Figura 31- Xarxa hexagonal per tots els punts de mostreig de la conca catalana del riu Ebre (2005, 2006 i 2007).

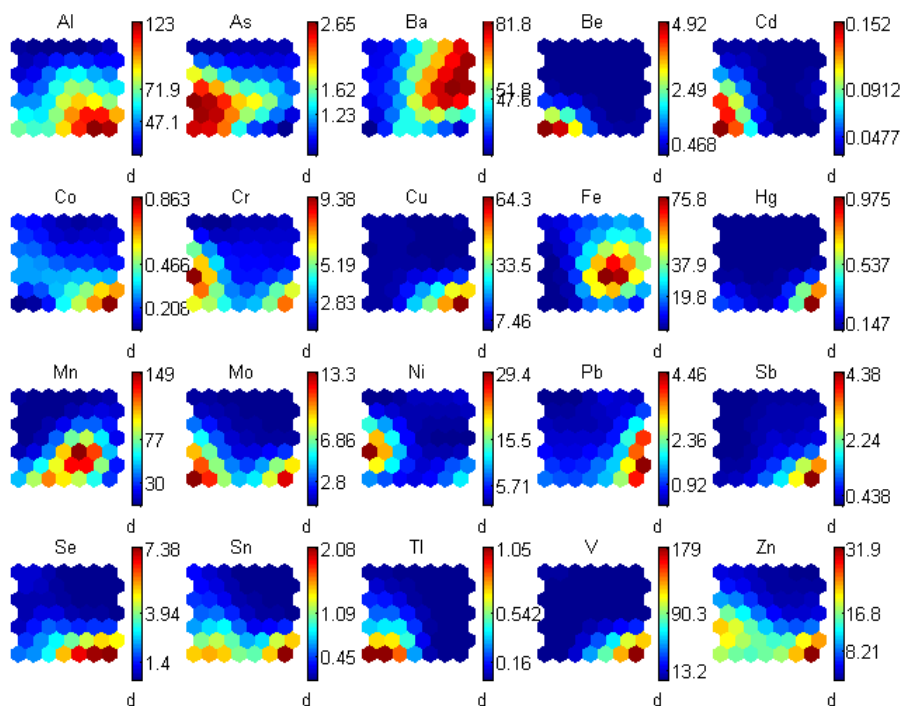


Figura 32- SOM o mapa global de les concentracions de tots els metalls per a la totalitat dels punts de mostreig de la conca catalana del riu Ebre (anys 2005, 2006 i 2007).

Totes les concentracions es van comparar amb les marcades pel RD 140/2003, per aigües destinades a consum humà (Taula 44). La legislació actual no estableix valors màxims permissibles per alguns metalls. Totes les aigües estudiades, corresponents a les 10 poblacions de la conca catalana del riu Ebre, van donar compliment legal al RD



140/2003, i van ser considerades com aptes per al consum humà pel que fa als nivells dels metalls estudiats (BOE, 2003).

Taula 44- Concentracions màximes de metalls en aigua destinada a consum humà segons el RD 140/2003 expressades en µg/L (BOE, 2003).

RD 140/2003		RD 140/2003	
Al	200.00	Mn	50.00
As	10.00	Mo	
Ba		Ni	20.00
Be		Pb	
Cd	5.00	Sb	5.00
Co		Se	10.00
Cr		Sn	
Cu	2000.0	Tl	
Fe	200.0	V	
Hg	1.00	Zn	

Amb la finalitat de correlacionar els nivells dels diferents metalls en mostres d'aigua de consum amb potencials fonts emissores d'aquests elements, s'ha realitzat una Anàlisi de Components Principals (ACP). L'aplicació d'aquesta anàlisi factorial ha permès obtenir un model tridimensional que explicaria el 78.96% de la variança. El primer component principal (1), que explica el 33.14% de la variança, està positivament correlacionat amb l'As, Cu, Fe, Hg, i Se (**Taula 45**). Per altra banda, el segon component principal, que explica un 28.78% de la variança total, es troba altament correlacionat amb el Ba, Co, Pb i Sn. Finalment, el tercer component (explica el 17.04% de la variança restant) està fortament correlacionat amb el Be, Mo, Ni i Tl.

La **Figura 33** representa el resultat de l'aplicació de l'anàlisi multivariant. La majoria de les aigües dels **Trams 1 a 3** van presentar un comportament similar, i per tant una concentració de metalls semblant (encerclades en lila), mentre que les mostres corresponents als punts de mostreig 9 i 10, ja a la zona del Delta de l'Ebre, i que s'han encerclat de color rosa, van presentar un comportament clarament diferenciat de la resta. Les mostres representades, tenien una major contribució del Factor o component 3, respecte al 1 o al 2. Observant la **Taula 45** es pot detectar que el Be, el Mo, el Ni i el Tl, en l'anàlisi multivariant es trobaven correlacionats fortament amb el factor o component 3, mentre que la seva correlació era dèbil amb els factors 1 i 2. Al comparar les concentracions



de Mo i Ni a l'Annex 2, Taula A2.5, es pot detectar que són clarament superiors pels punts de mostreig 9 i 10.

Taula 45- Matriu de components correlacionats amb els metalls per les mostres d'aigua de consum del tram fluvial del riu Ebre.

	1	2	3
Al	-0.095	-0.158	0.405
As	0.928	0.133	-0.07
Ba	-0.052	0.953	-0.089
Be	0.028	-0.059	0.827
Cd	0.551	-0.005	-0.306
Co	-0.056	0.907	-0.229
Cr	0.119	0.297	0.688
Cu	0.851	-0.182	-0.081
Fe	0.594	0.025	0.015
Hg	0.745	0.192	0.057
Mn	0.547	0.412	0.380
Mo	-0.129	-0.425	0.743
Ni	-0.104	-0.170	0.917
Pb	0.337	0.851	-0.007
Sb	-0.095	-0.158	0.405
Se	0.928	0.133	-0.07
Sn	-0.052	0.953	-0.089
Tl	0.028	-0.059	0.827
V	0.551	-0.005	-0.306
Zn	-0.056	0.907	-0.229

L'evolució temporal de les concentracions de metalls en totes les mostres estudiades es presenta a la **Taula 46**, i la mitjana i la desviació estàndard de les concentracions de metalls en aigua de consum expressades en µg/L. El Be, el Cd, l'Sb i l'Sn es van trobar per sota del seu límit de detecció (LOD) en les dues campanyes de monitorització (març i agost del 2006), mentre que les concentracions de Co i Hg, van augmentar des d'una concentració per sota del seu LOD fins a 0.36 ± 0.24 i 0.21 ± 0.17 µg/L, respectivament. Els augments van ser només estadísticament significatius pel Hg, el Fe, el Ni i el Pb ($P < 0.05$).

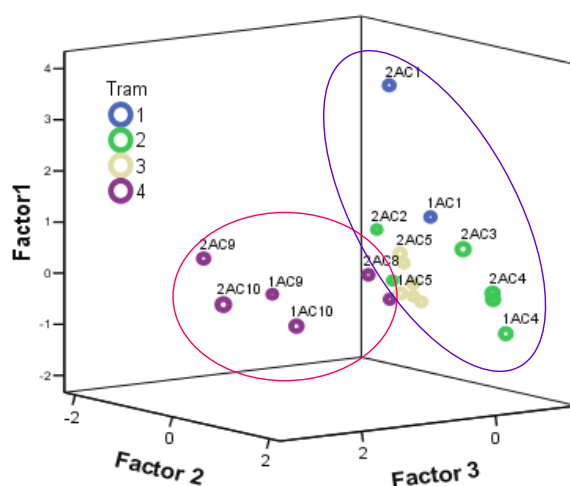


Figura 33- APC de les concentracions dels en aigua de consum al tram fluvial del riu Ebre (2006).

Taula 46- Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en aigua de consum al tram fluvial del riu Ebre, expressades en $\mu\text{g/L}$.

	Març 2006 (n=10)			Agost 2006 (n=10)			P
Al	15.91	\pm	32.47	16.47	\pm	34.40	-
As	0.12	\pm	0.17	0.51	\pm	0.55	-
Ba	37.60	\pm	20.03	38.11	\pm	20.05	-
Be			ND			ND	-
Cd			ND			ND	-
Co			ND	0.36	\pm	0.24	-
Cr	0.08	\pm	0.05	0.09	\pm	0.05	-
Cu	5.64	\pm	4.84	5.64	\pm	4.84	-
Fe	10.92	\pm	12.20	16.57	\pm	12.07	<0.05
Hg			ND	0.21	\pm	0.17	-
Mn	0.62	\pm	1.12	1.39	\pm	2.87	-
Mo	0.20	\pm	0.24	0.32	\pm	0.19	-
Ni	0.17	\pm	0.17	0.97	\pm	0.65	<0.05
Pb	0.14	\pm	0.10	0.30	\pm	0.15	<0.05
Sb			ND			ND	-
Se			ND			ND	-
Sn	0.13	\pm	0.12	0.15	\pm	0.12	-
Tl			ND			ND	-
V	0.92	\pm	0.82	0.94	\pm	0.82	-
Zn	13.13	\pm	8.40	14.04	\pm	8.32	-



Totes les concentracions de metalls en aigua fluvial del **Tram 5 (Taula 38)**, utilitzades com a aigües destinades al consum humà, ja sigui per captació directa o bé per recàrrega dels aquífers, es van comparar amb les establertes pel RD 140/2003, per aigües destinades a consum humà (**Taula 44**).

De totes les aigües estudiades, corresponents a les 10 poblacions de la comarca del Priorat, les aigües de l'embassament de Siurana (12, **Tram 5**) i per les 5 campanyes de mostreig, van presentar concentracions de Mn superiors a les permeses per la legislació, com a aigua destinada al consum humà (BOE, 2003) (**Taula 47**). El Mn i el Fe es recullen en el RD 140/2003 dins de la Taula C de paràmetres indicadors. Segons el la legislació, l'aigua de consum humà haurà de ser salubre i neta, que a efectes del Real Decret, serà quan aquesta no contingui nivells superiors als establerts en els annexes A i B (BOE, 2003). Quan es superen els nivells establerts per als paràmetres indicadors, i sobretot pel Fe i pel Mn, l'efecte principal sobre el l'aigua de consum és el canvi de color, degut principalment a la formació d'òxids de Fe i Mn durant la seva canalització i transport, sense oxigenació ni llum (OMS, 2004).

Taula 47- Concentracions de Fe i Mn que superen els llindars establerts per l'aigua destinada a consum humà segons el RD 140/2003, expressades en µg/L (BOE, 2003).

		Campanya	RD 140/2003	Mesurada
1A12	Mn	Gener 2006	50.00	58.54
2A12	Mn	Abril 2006	50.00	57.25
3A12	Fe	Octubre 2006	200.00	201.12
3A12	Mn	Octubre 2006	50.00	619.62
3A19	Mn	Octubre 2006	50.00	82.97
4A12	Mn	Gener 2007	50.00	357.15
5A12	Mn	Abril 2006	50.00	105.40

Les poblacions que s'abasteixen de l'aigua de l'embassament de Siurana mitjançant la canalització del TOPOGRAPO són Poboleda, Porrera, Torroja, Gratallops i Reus, a través del mini-transbassament cap a l'embassament de Riudecanyes al Baix Camp. Totes elles, per efecte de la formació d'òxids, reben als dipòsits municipals aigua que ha de ser tractada per osmosis inversa per eliminar la presència d'òxids (Poboleda), o bé ha de ser oxigenada mitjançant el retorn al riu i agitació (Torroja, Gratallops, Porrera).



La **Figura 34** representa el resultat de l'aplicació de l'anàlisi multivariant per les 20 mostres (10 Ebre i 10 Priorat). La majoria de les aigües van presentar un comportament semblant, encerclat en lila, que mostrava concentracions similars en l'aigua de consum. Les mostres que apareixen en groc (**Tram 5**, Priorat), fora del clúster central, són les que s'han presentat a la **Taula 47**, amb altes concentracions de Fe i Mn. Els tres components són capaços d'explicar un 68.82 % de la variança de les mostres.

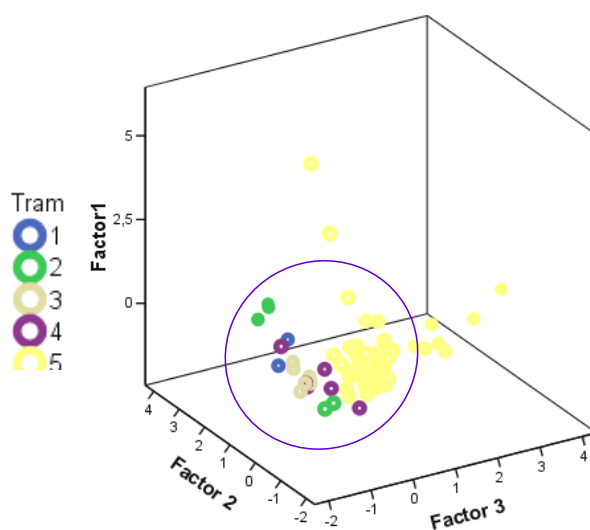


Figura 34- APC de les concentracions dels en aigua de consum al tram fluvial del riu Ebre i del Priorat (2006).

Els resultats de les concentracions de metalls en aigua de consum, es van comparar amb els altres estudis realitzats en aigües subterrànies utilitzades per al consum humà de la conca del Besòs (Aqüífer de la Llagosta) al brollador de l'aqüífer, lluny de qualsevol contaminació, en un dels punts de mostreig en una zona agrícola i rural, i finalment prop d'un polígon industrial (Navarro i Carbonell, 2007). Els nivells detectats es van comparar també amb les dades proporcionades per Vidal i col·laboradors (2000), a Lugo (Galícia), en un aqüífer sobre uns camps de pastura de vaques. Altres estudis publicats es recullen en la **Taula A2.6** de l'**Annex 2**. El primer a Alemanya, en zones industrials (Baumann i col·ls., 2006), un segon estudi en un aqüífer recarregat pel Riu Fez al Marroc, un riu altament contaminat per efecte de la industrialització i de l'absència de sistemes de depuració d'aigua residuals urbanes i industrials (Koukal i col·ls., 2004). Finalment, els resultats es comparen amb els d'una zona rural prop de Siena, a la Toscana Italiana (Giammanco i col·ls., 1998).



La correlació entre les concentracions de tots els metalls en aigua es mostra a les **Figures 35 i 36** mitjançant els algorismes SOM. La **Figura 35** representa l'estructura local de la xarxa hexagonal de totes les regions estudiades, mentre que la **Figura 36** compara la concentració de metalls amb la resta de les mostres. A la **Figura 36** es pot observar que en general, les concentracions de metalls en zones altament industrialitzades com són Barcelona, Marroc o Alemanya, presentaven concentracions majors d'Al, Cr, Mn, Pb o Zn, com va ser el cas del Tram baix de l'Ebre, situat en una zona altament urbanitzada, i amb una quantitat d'indústries molt superior a la de la resta de la conca.

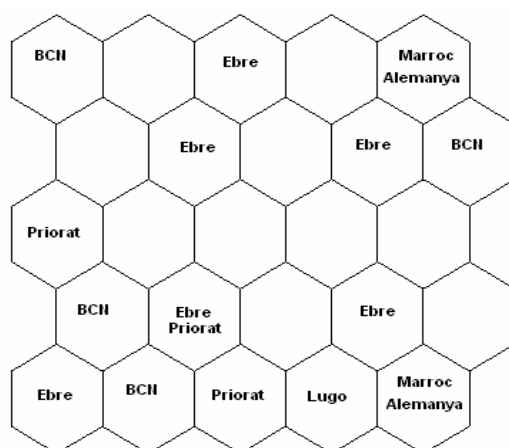


Figura 35- Xarxa hexagonal dels resultats presentats a les Taules A2.3 a A2.6 de l'Annex 2.

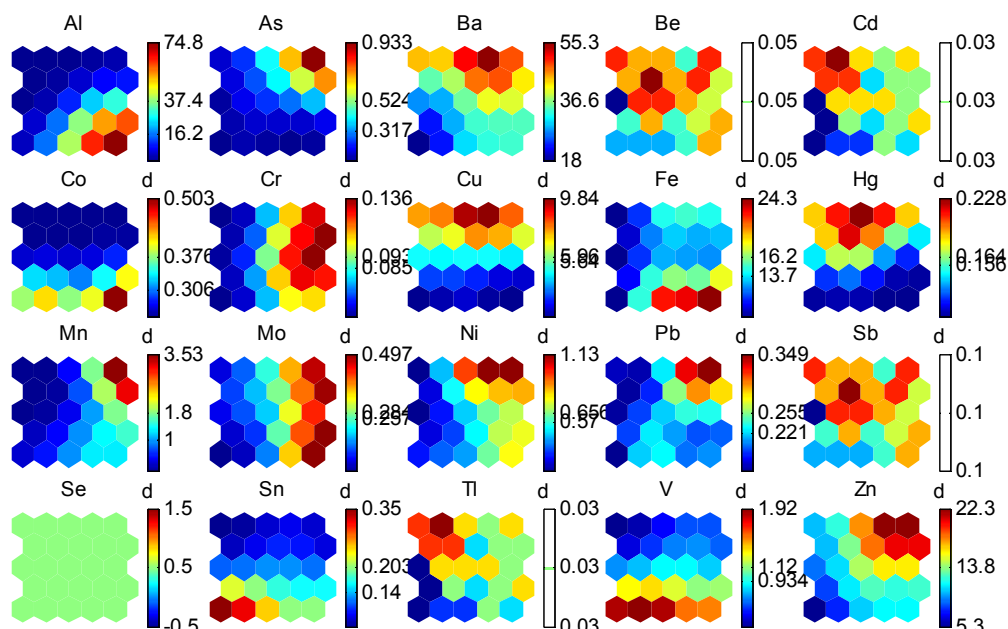


Figura 36- SOM o mapa global per comparar les concentracions d'aigua de consum de la conca catalana del riu Ebre amb altres estudis.



4.2.3- SEDIMENTS FLUVIALS SUPERFICIALS

Els metalls, en general, es detecten a concentracions més altes en els sediments que no pas en biota o aigua fluvial (Hudson-Edwards i col·ls., 2005). Ho fan de forma variable durant el curs del riu, i es troben clarament correlacionats amb els sòls de la zona de ribera i amb les fonts puntuals de contaminació de metalls (Ramos i col·ls., 1999b; Munk i Faure, 2004; Chandra Sekhar i col·ls., 2005; Holemann i col·ls., 2005). La naturalesa de les concentracions de metalls acostuma a venir donada per les partícules que han sedimentat, i que provenen principalment de l'erosió dels sòls de ribera, del transport de material particulat a partir dels seus afluents, considerades com a fonts naturals, però també d'abocaments d'origen antropogènic (Luque i col·ls., 2003; Sadiq i col·ls., 2003; Caeiro i col·ls., 2005).

Les concentracions de metalls en sediments superficials fluvials es presenten en l'**Annex 5**. A la **Taula A5.1** i la **A5.2** es mostren les concentracions en el tram fluvial del riu Ebre durant les campanyes de monitorització del 2005 i 2006 respectivament. Pel Tram 5, a la Comarca del Priorat, i pels rius Siurana, Montsant i Cortiella, els resultats dels metalls en sediments superficials fluvials s'exposen a les **Taula A5.3-A5.5**. Els períodes de mostreig van ser gener i abril del 2006 per la primera taula, i octubre del 2006, gener del 2007 per la segona, mentre que a la **Taula A2.4** es recullen els resultats de l'abril del 2007.

L'APC s'ha realitzat amb la finalitat de correlacionar els nivells de metalls en mostres de sediments fluvial superficial i de ribera, amb les fonts potencials de contaminació. L'aplicació d'aquesta anàlisi factorial ha permès obtenir un model tridimensional que explicaria el 66.70% de la variança. El primer component principal (1), que explica el 46.65% de la variança, està positivament correlacionat amb tots els metalls a excepció de l'Al, l'As, el Be, el Co, el Cr, el Fe, el Ni i el V (**Taula 48**). Per altra banda, el segon component principal, que explica un 11.38% de la variança, es troba altament correlacionat amb el Cd, i el Pb. Finalment, el tercer component (explica el 8.67% de la variança restant) està fortament correlacionat amb el Hg i el Se.

La **Figura 37** representa el resultat de l'aplicació de l'anàlisi multivariant que es du a terme amb totes les mostres recollides. La majoria dels sediments del riu Ebre presenten un comportament similar, formant una mateixa agrupació (centre superior dret de la figura i encerclat en color rosa).



Taula 48- Matriu de components correlacionats amb els metalls, per totes les mostres de sediment fluvial superficial de la conca catalana del riu Ebre.

	1	2	3
Al	0.854	0.020	0.388
As	0.745	-0.104	-0.131
Ba	0.057	0.320	0.152
Be	0.806	0.194	0.334
Cd	0.405	0.729	0.287
Co	0.842	0.081	-0.292
Cr	0.879	0.146	-0.279
Cu	0.199	0.583	-0.014
Fe	0.836	-0.008	0.161
Hg	0.011	0.082	0.715
Mn	0.098	-0.093	0.189
Mo	-0.017	-0.271	0.128
Ni	0.872	0.037	-0.088
Pb	-0.180	0.806	-0.165
Sb	0.168	0.175	0.053
Se	-0.177	-0.157	0.848
Sn	-0.080	0.215	0.322
Tl	0.197	0.219	0.238
V	0.528	0.328	-0.088
Zn	0.760	0.533	-0.108

Els sediments corresponents als riu Siurana (cercle de color verd), en general, presentaven concentracions similars a les del riu Ebre. Algunes de les mostres, encerclades en lila a la part inferior de la **Figura 37**, corresponents a Bellmunt del Priorat i Masroig (S17 i S18 per les diferents campanyes de monitorització). Van presentar altes concentracions de Pb, amb un rang entre 293.7 mg/kg en pes sec durant la primera campanya de monitorització, al gener del 2006 al Masroig (S18), fins a 1360.0 mg/kg en pes sec a Bellmunt del Priorat (S17), durant el mateix període. La composició metàl·lica de Pb va ser molt superior a la resta dels punts de mostreig, degut principalment a la presència de les antigues mines de Pb a la zona. Diferents estudis, han destacat que els nivells de Pb, Zn, Cu o Fe poden augmentar en sistemes fluvials propers a mines d'extracció de galena (Fernandez i col·ls., 2000; Aguilar i col·ls., 2004; Lee i col·ls., 2005) o de pirita (Aguilar i col·ls., 2004; Kraus i Wiegand, 2006).

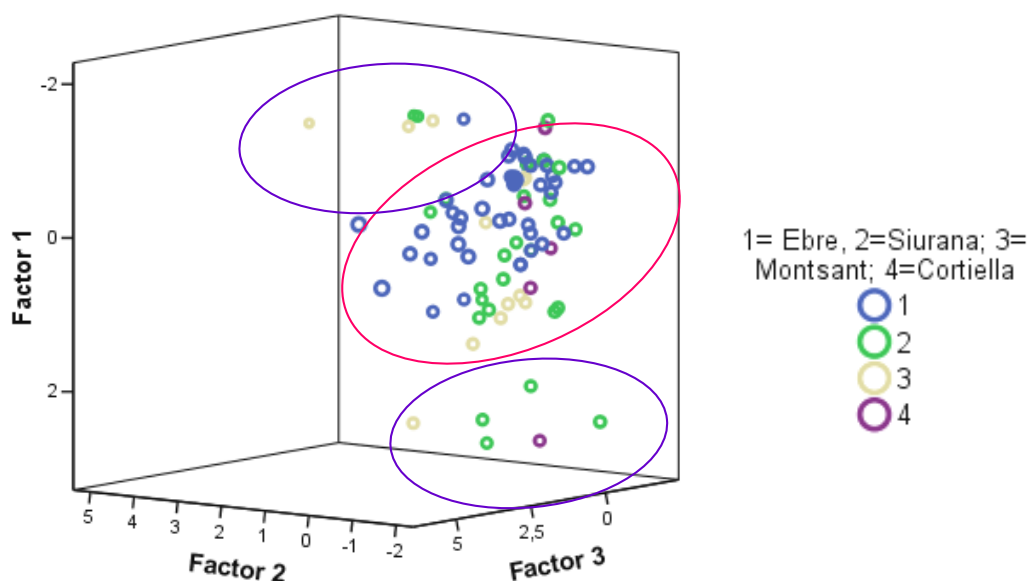


Figura 37- APC per les mostres de sediments fluvials a la conca catalana del riu Ebre. Comparació amb altres estudis.

Al riu Montsant, a Margalef (punt S20, campanyes del gener 2006 al gener del 2007), es van detectar altes concentracions de Mn en els sediments, amb nivells de 4360.69 mg/kg en pes sec durant l'octubre del 2006 i 2688.35 mg/kg durant el gener del 2007. Aquest valor són propis d'erosió de zones amb roques metamòrfiques o granítiques que són les que formen la Serra del Montsant (Fernandez i col·ls., 2000). Al riu Kocába i els seus afluents, a la República Txeca, amb antigues activitats mineres d'extracció a les zones de Ribera, i amb una tipologia de sòls similar, es van detectar concentracions de Mn d'uns 5000 mg/kg presentats a la **Taula A5.7** de l'**Annex 5** (Kominkova i Benesova, 2004).

La **Taula 49** recull la mitjana de les concentracions de metalls, la desviació estàndard i l'evolució temporal de les concentracions en el tram fluvial del riu Ebre durant els anys 2005 i 2006. En general, es va observar una gran variabilitat entre les concentracions dels metalls, que van augmentar significativament en el cas de l'Al i el Se ($P < 0.01$) i del Sn ($P < 0.01$). Els principals augments es van donar en l'Al passant de 5525.9 mg/kg durant l'any 2005 a 7692.9 mg/kg ($P < 0.001$). En menor mesura, van augmentar també significativament les concentracions de Se i Sn ($P < 0.001$ i $P < 0.01$, respectivament).



Taula 49- Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en sediments superficials del tram fluvial del riu Ebre, expressades en mg/kg en pes sec.

	Març 2005 (n=20)	Març 2006 (n=20)	P
Al	5225.9 \pm 1938.2	7629.9 \pm 3624.1	<0.001
As	7.83 \pm 3.82	6.09 \pm 1.91	
Ba	44.89 \pm 48.97	66.04 \pm 87.96	
Be	0.38 \pm 0.14	0.46 \pm 0.23	<0.05
Cd	0.22 \pm 0.17	0.20 \pm 0.16	
Co	4.89 \pm 2.28	3.00 \pm 2.15	
Cr	11.07 \pm 4.32	1.25 \pm 1.86	<0.001
Cu	14.96 \pm 23.84	10.50 \pm 7.41	
Fe	11217.8 \pm 3320.7	11708.3 \pm 4401.3	
Hg	0.76 \pm 1.34	0.58 \pm 1.06	
Mn	483.5 \pm 597.7	343.87 \pm 233.97	
Mo	0.54 \pm 0.33	0.57 \pm 0.59	
Ni	19.36 \pm 4.60	13.23 \pm 8.46	<0.01
Pb	31.93 \pm 49.33	15.87 \pm 11.10	
Sb	0.04 \pm 0.02	0.05 \pm 0.01	
Se	0.50 \pm 0.31	16.41 \pm 9.68	<0.001
Sn	0.07 \pm 0.05	0.24 \pm 0.25	<0.01
Tl	0.10 \pm 0.05	0.09 \pm 0.04	
V	14.46 \pm 4.11	14.73 \pm 5.29	
Zn	54.37 \pm 37.03	37.76 \pm 18.02	

A la **Figura 38** es representen un recull de resultats de sediments superficials al llarg de tota la conca del riu Ebre des del naixement fins a la desembocadura, realitzats als anys 90 per diferents investigadors. La mitjana de concentració en sediments va ser: pel Cd: 0.61; pel Cu: 6.11 mg/kg; pel Hg: 0.54 mg/kg i pel Pb: 29.40 mg/kg (Schuhmacher i col·ls., 1993; 1995; Ramos i col·ls., 1999b). En general, es pot observar que la mitjana de les concentracions de Cd, ha disminuït fins a una mitjana de 0.22 i 0.20 mg/kg, durant el 2005 i el 2006 respectivament. Pel que fa al Cu, l'augment de l'agricultura a la conca, podria suposar un increment en la concentració d'aquest element, àmpliament utilitzat en l'agricultura de regadiu (Mañosa i col·ls., 2001). Les concentracions de Hg, van patir un creixement important des de 1995-99 des de 0.54 mg/kg fins a una mitjana en la conca de prop de 0.76 mg/kg durant el 2005, estabilitzant-se a nivells propers durant el 2006 (0.58 mg/kg). Els metalls poden variar significativament en els sediments superficials degut al transport de la matèria particulada (Palanques i col·ls., 1999). Ramos i col·laboradors (1999b), va detectar pics de concentració en els nivells de Zn. Per exemple, a Mequinensa es trobaven propers als 30 mg/kg, i augmentaven fins a 169.4 mg/kg a Garcia, i tornaven a



disminuir a Tortosa fins a 34.00 mg/kg, que van ser atribuïts a la hidrogeologia de la zona i a les pràctiques agrícoles (Ramos i col·ls, 1999b).

L'ACA juntament amb la CHE i el Ministeri de Medi Ambient, van estudiar al 2005 els nivells de metalls en sediments superficials del segment central del riu Ebre. L'estudi va concloure que el Hg i el Cd presentaven nivells que indicaven contaminació significativa en els sediments al llarg del riu procedents de Flix. El Pb i el Zn presentaven dos punts amb nivells alts clarament indicatius de contaminació (Flix i Amposta). Aquests episodis semblaven denotar problemes locals i no reflectien transport d'aportacions d'aquests metalls provinents d'aigües dalt com per exemple del Pantà de Flix (ACA, 2005).

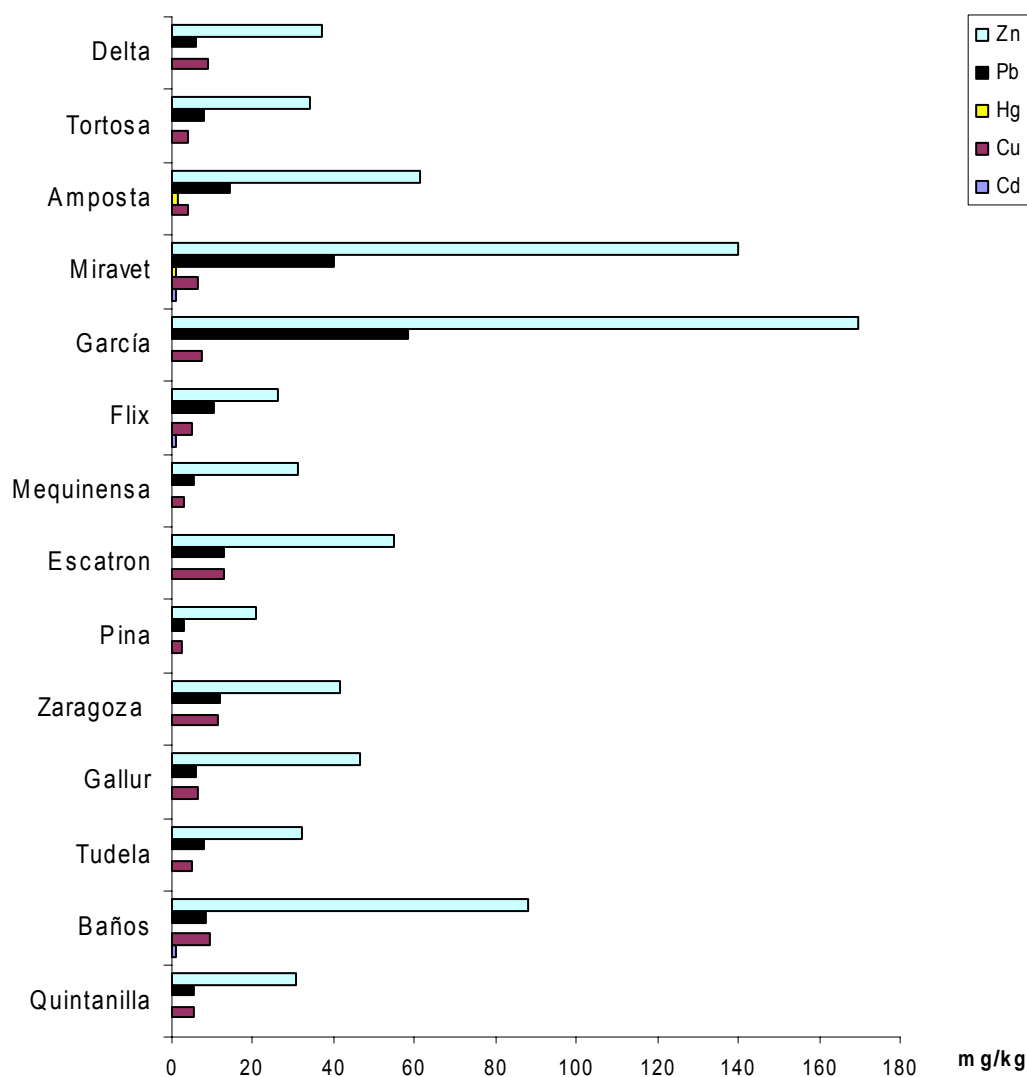


Figura 38- Evolució temporal dels sediments a la conca del riu Ebre durant els anys 90 (Schuhmacher i col·ls., 1993; 1995; Ramos i col·ls., 1999b)



L'arsènic va mostrar nivells de concentració de 7.83 ± 3.82 i 6.09 ± 1.91 mg/kg (2005 i 2006, respectivament, **Taula 49**), mentre que en l'estudi de l'ACA es van detectar concentracions superiors entre 8.60-20.00 mg/kg (ACA, 2005). Al Priorat (**Taula A5.13 de l'Annex 5**), les mitjanes detectades van ser d'entre 9.33 a 10.25 mg/kg. Els nivells de concentració d'aquest element en sediments fluvials no contaminats són de l'ordre de 10.00-15.00 mg/kg (Ramos i col·ls., 1999a). No es pot dir, per tant, que hagués un problema de contaminació per As en la conca.

El present estudi va detectar concentracions mitjanes de Cr de 11.07 ± 4.32 i 1.25 ± 1.86 mg/kg (2005 i 2006, respectivament) en sediments superficials de ribera del riu Ebre. Els nivells en sediments del segment central del riu es van trobar entre 29.00 i 68.00 mg/kg (ACA, 2005). Al Priorat, les concentracions en les diferents campanyes de monitorització, es van estar entre 0.27 i 0.33 mg/kg de mitjana. Totes elles es troben dins del marge de concentracions de sediments no contaminats industrialment: 34.00-50.00 mg/kg (Ramos i col·ls., 1999a). Olivares-Rieumont i col·laboradors (2005) van descriure que els nivells mitjans mundials de Cr en sediments superficials fluvials es trobaven propers al 70 mg/kg.

Al tram fluvial del riu Ebre, es van observar nivells de Cu de 14.96 ± 23.84 i 10.50 ± 7.41 mg/kg (**Taula 49**). El Cu, en l'estudi de l'ACA tenia marges de concentració de 17.00-34.00 mg/kg (ACA, 2005). Pel Priorat es va notar un augment significatiu ($P < 0.001$) de Cu, de l'abril a l'octubre del 2006 de 9.79 a 24.11 mg/kg, deguts principalment a la sequera i als tractaments amb caldo de Boronés (sulfat de coure) de la vinya en els sòls de ribera, que van ser probablement arrossegats per erosió fins als rius. Els nivells de concentració d'aquest metall en sediments fluvials no contaminats són de l'ordre de 25.00-40.00 mg/kg (Ramos i col·ls., 1999a). No hi havia per tant, problemes de contaminació per aquest metall. Els nivells mitjans mundials de Cu en sediments superficials fluvials són propers als 32.00 mg/kg (Olivares-Rieumont i col·ls., 2005).

Els nivells de concentració de Cd en sediments fluvials no contaminats són de l'ordre de 0.10 mg/kg (Ramos i col·ls., 1999a). La mitjana de concentracions al 2005 va ser de 0.22 mg/kg, mentre que al 2006 va ser de 0.20 mg/kg (**Taula 49**). En l'estudi de sediments del segment central de l'ACA, les concentracions de Cd es van trobar entre 0.37 i 1.60 mg/kg. Per tant, pot existir una contaminació significativa per aquest metall, que probablement tingui



el seu origen al Pantà de Flix. Els nivells mitjans mundials de Cd en sediments superficials fluvials es troben propers als 0.20 mg/kg (Olivares-Rieumont i col·ls., 2005). Altres investigadors, han detectat nivells superiors als proposats per Ramos i col·laboradors (1999a). A Huelva, a les Marismas d'Odiel, es van detectar concentracions de 3.90 mg/kg, mentre que a Doñana es van arribar a detectar 70.20 mg/kg de Cd en els sediments del riu Guadiamar, pocs mesos després del desastre de les mines d'Aznalcollar (Luque i col·ls., 2003).

El Hg va mostrar valors elevats, expressats en mg/kg, durant la primera campanya de mostreig al 2005, de 3.03 (1S4, Flix) i a Xerta (1S9) de 1.40. Durant el 2006, es va notar un augment de les concentracions d'aquest metall a Flix (2S4) de 1.82 mg/kg, a Ascó (2S5) de 4.92 mg/kg, i a Garcia (2S6) de 2.56 mg/kg, i va disminuir lleugerament a Móra d'Ebre (2S7) fins a 1.36 mg/kg. L'ACA va detectar valors entre 0.07 i 2.30 mg/kg al llarg del tram català del riu Ebre. Els nivells naturals de Hg en fangs van oscil·lar entre 0.04 i 0.30 mg/kg (Ramos i col·ls., 1999a). Això indica que existeix un cert escapament de Hg procedent del pantà. L'any 1999, Ramos i col·ls, van detectar un escapament dels sediments contaminats de Flix aigües avall de la presa de Flix. A la **Figura 39** es representa clarament l'augment de les concentracions de Hg en sediment aigües avall de la presa de Flix, amb un lleuger augment a la ciutat de Tortosa, probablement degut a les activitats industrials, i a l'abocament d'aigües residuals urbanes. S'ha agafat com a blanc l'embarcament de Siurana.

Les concentracions de níquel van disminuir significativament passant de 19.36 mg/kg de mitjana a 13.32 mg/kg durant el 2006 ($P < 0.01$, **Taula 49**). L'interval detectat en les mostres de l'Ebre per l'ACA va ser de 14.00-37.00 mg/kg, semblant al detectat en diferents zones de la conca del riu Ebre (20.00 mg/kg; (Ramos i col·ls., 1999a). Al Priorat, els valors mitjans en sediments, expressats en mg/kg, van oscil·lar entre 17.12 (gener 2007) a 28.99 (abril 2005). Les concentracions detectades van ser de l'ordre de les presentades per Olivares-Rieumont i col·laboradors (2005) com a mitjana mundial (32.00 mg/kg). Amb aquestes concentracions, no es pot considerar que existeix una contaminació significativa per aquest metall en sediments superficials de ribera.

En els punts de mostreig del Priorat (**Tram 5**), els nivells de Pb van oscil·lar entre 1353.7 mg/kg a Bellmunt del Priorat, proper a una antiga mina d'extracció de galena (1S17),



i 893.7mg/kg (4S18) al Masroig, aigües avall de la mina anterior. A la Vilella Baixa (Riu Montsant, 3S21) les concentracions van ser les més baixes amb 4.02 mg/kg de Pb. Es van detectar també nivells alts de Pb en sediments a Garcia i a Móra d'Ebre (108.5 i 193.1 mg/kg respectivament). La mitjana de les concentracions per tot el tram fluvial va disminuir de 31.93 a 15.87 mg/kg del 2005 al 2006. El Pb va presentar nivells que indicaven contaminació per aquest metall. A Xerta i Tortosa, les concentracions de Pb van ser de 90.00 i 140.0 mg/kg (ACA, 2005). Aquestes concentracions van ser clarament més altes que les típiques detectades en sediments fluvials no contaminats (17.00-30.00 mg/kg, Palanques i col·ls., 1999).

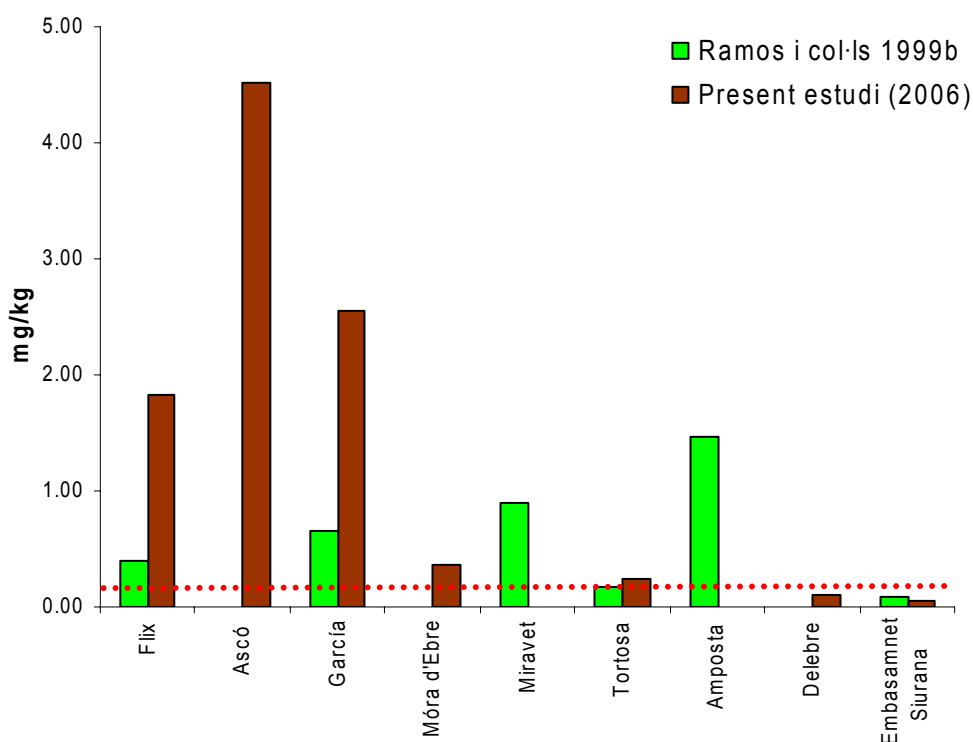


Figura 39- Evolució de la concentració de Hg en sediments superficials, aigües avall de la presa de Flix durant el 2006 . Comparació amb un estudi previ (Ramos i col·ls., 1999b) i amb el líndiar establert pels mateixos investigadors (Ramos i col·ls., 1999c).

A la resta dels trams de mostreig (**Taules A5.8 a A5.12 de l'Annex 5**), les concentracions de Pb més baixes es van trobar en el **Tram 6** (12.72 mg/kg al 2005 i 10.83 mg/kg l'any 2006), i per tant no podia considerar-se que representessin exemples de contaminació per aquest metall. Els punts en els quals es va detectar contaminació per Pb probablement reflectien problemes locals, deguts a l'agricultura o a la tipologia dels sòls



(Cruse i Lyons, 2004). La contaminació detectada en l'Ebre no és deguda al transport fluvial aigües amunt, com per exemple del Pantà de Flix. Altres processos d'origen antropogènic, com els agrícoles, miners i ramaders, han de ser considerats també com fonts de Pb al riu Ebre. Recents estudis publicats així ho han afirmat (Chapman i col·ls., 2003; Chandra Sekhar i col·ls., 2005).

El zinc oscil·lava entre intervals de concentracions de 54.34 mg/kg a 37.76 mg/kg de mitjana durant el 2006 (**Taules A5.1 a A5.5 de l'Annex 5**). Pel Priorat, els valors obtinguts van ser clarament més alts situant-los prop de 100.0 mg/kg en gairebé totes les mostres de sediments. Ramos i col·laboradors (1999a) van establir que els nivells de Zn en zones agrícoles del tram fluvial de la conca de l'Ebre que oscil·laven entre 14.60 i 210.0 mg/kg, amb rangs similars en zones industrials de 56.80 a 226.0 mg/kg. Els nivells naturals en sediments fluvials no contaminats poden ser entre 60.00 i 90.00 mg/kg (Ramos i col·ls., 1999a). Les concentracions detectades indicaven un cert nivell de contaminació antropogènica en alguns punts del riu, ja siguin de tipus industrial o agrícola.

A la **Taula A5.15 de l'Annex 5**, es mostra la matriu de correlació de Pearson entre els metalls dels sediments superficials i el contingut de matèria orgànica (TOC%) i el pH de les mostres. Un augment de la TOC de les mostres suposaria un increment de les concentracions d'Al, Be, Fe i Sb, ja que s'ha detectat una correlació experimental positiva significativa entre ambdós paràmetres. El pH de les mostres de sediments es troba fortament correlacionat amb l'Al, As, Be, Co, Cr, Cu, Mn, Mo i Sb. Per tant s'hauria d'esperar que canvis en el pH de les mostres, suposessin un increment en les concentracions de certs metalls.

4.2.4- SÒLS SUPERFICIALS I DE RIBERA

El sòl és un bon monitor quan es tracta d'estudiar la contaminació a llarg termini (Schuhmacher i col·ls., 1996; 1997; 1998; 1999; 2002; Llobet i col·ls., 2002; Ferré-Hugué i col·ls., 2006a; Mari i col·ls., 2007). El sòl és utilitzat sovint com a referència de la concentració de metalls en el medi ambient. Les concentracions de metalls en sòls superficials i de ribera es presenten en l'**Annex 6**. A la **Taula A6.1** i la **A6.6** es mostren les concentracions en el Tram fluvial del riu Ebre durant les campanyes de monitorització del 2005 i 2006, respectivament. Pel **Tram 5**, a la Comarca del Priorat, i pels rius Siurana, Montsant i Cortiella, els resultats dels metalls en sòls es mostren a les **Taules A6.4** a la **A6.5**. Els



períodes de mostreig van ser gener i abril del 2006 per la primera taula, i octubre del 2006, gener del 2007 per la segona, mentre que a la **Taula A6.4** es recullen els resultats de l'abril del 2007.

La **Taula 50** mostra la mitjana i la desviació estàndard de totes les concentracions de metalls en sòls superficials als trams fluvials del riu Ebre, durant les campanyes de monitorització del març de 2005 i 2006, en sòls superficials de ribera. Pel maig del 2006, els resultats són de sòls superficials urbans de la zona de ribera en diferents poblacions al llarg del la conca catalana del riu Ebre. A la **Taula 51** es mostren les evolucions temporals de les concentracions expressades com a percentatges de variació, entre el març 05 i el març 06 i entre el març 06 i el maig 06.

Taula 50- Mitjana \pm DE de totes les concentracions de metalls en sòls superficials als trams fluvials del riu Ebre, expressades en mg/kg.

	Març 2005 (n=20)	Març 2006 (n=20)	Maig 2006 (n=10)
Al	6502.1 \pm 2526.4	6175.1 \pm 1681.9	5623.1 \pm 1457.6
As	8.49 \pm 2.90	7.88 \pm 1.50	12.82 \pm 21.41
Ba	117.9 \pm 49.8	97.17 \pm 28.25	105.9 \pm 21.32
Be	0.44 \pm 0.11	0.42 \pm 0.09	0.75 \pm 1.26
Cd	0.25 \pm 0.09	0.23 \pm 0.09	0.51 \pm 0.90
Co	7.25 \pm 2.12	6.71 \pm 1.66	24.48 \pm 8.28
Cr	14.00 \pm 4.06	12.92 \pm 2.92	22.81 \pm 35.54
Cu	21.91 \pm 8.84	18.74 \pm 5.22	26.08 \pm 31.54
Fe	16978.9 \pm 5294.2	15404.7 \pm 3438.3	9643.1 \pm 2292.7
Hg	0.05 \pm 0.02	0.04 \pm 0.01	2.87 \pm 7.12
Mn	333.7 \pm 101.1	315.6 \pm 76.8	502.3 \pm 840.4
Mo	0.49 \pm 0.79	0.36 \pm 0.35	17.91 \pm 8.17
Ni	17.53 \pm 4.22	16.09 \pm 3.29	38.04 \pm 66.54
Pb	63.88 \pm 52.15	58.88 \pm 50.21	88.78 \pm 163.5
Sb	ND	ND	17.32 \pm 7.99
Se	ND	ND	ND
Sn	0.03 \pm 0.02	0.03 \pm 0.01	ND
Tl	0.07 \pm 0.02	0.08 \pm 0.02	0.55 \pm 0.26
V	14.75 \pm 2.95	13.70 \pm 2.16	29.49 \pm 39.88
Zn	76.28 \pm 27.89	71.56 \pm 22.40	135.7 \pm 206.2

En general, les concentracions de metalls en sòls de ribera van disminuir durant el 2006, encara que només ho van fer de forma significativa pel Hg, amb una davallada del 8.9% ($P < 0.01$, **Taula 50** i **51**), degut principalment a l'efecte de les pluges i l'arrossegament dels metalls cap al riu. Diversos investigadors van demostrar que l'efecte de la pluja



afavoreix la disminució localitzada de certs metalls, per dissolució o arrossegament (Marchese i Ezcurra de Drago, 1999; FAO, 2003; Isidoro i col·ls., 2006; Bukowiecki i col·ls., 2007). Al comparar els sòls de ribera (2006) amb els sòls superficials de les diferents poblacions, es va notar un augment significatiu en les concentracions de Co, Hg, Mo i Tl de més del 250% ($P < 0.01$). Aquest augment, es deu principalment a la mostra de sòls superficial de la població Flix (3T6S, **Annex 6, Taula A6.3**), amb una clara contaminació dels sòls per efecte de l'empresa Erkimia.

Taula 51- Variació temporal, expressada en %, de totes les concentracions de metalls en sòls superficials als trams fluvials del riu Ebre en diferents períodes.

	Març 05- Març 06	Març 06- Maig 06		Març 05- Març 06	Març 06- Maig 06
Al	-5.0	-8.9	Mn	-5.4	59.2
As	-7.2	62.6	Mo	-27.0	4861.5 **
Ba	-17.6	9.0	Ni	-8.2	136.4
Be	-5.0	79.1	Pb	-7.8	50.8
Cd	-9.9	126.6	Sb	-	-
Co	-7.5	264.8 **	Se	-	-
Cr	-7.7	76.4	Sn	-10.0	-100.0
Cu	-14.5	39.2	Tl	8.9 *	590.6 **
Fe	-9.3	-37.4 *	V	-7.1	115.3
Hg	-8.9 **	6625.6 **	Zn	-6.2	89.7

** $P < 0.01$, * $P < 0.05$

L'APC s'ha realitzat amb la finalitat de correlacionar els nivells de metalls en mostres de sòls superficial i de ribera i els sòls de les poblacions de ribera, amb les fonts potencials de contaminació. L'aplicació d'aquesta anàlisi factorial ha permès obtenir un model tridimensional que explicaria el 78.88% de la variança total de totes les mostres. El primer component principal (factor 1), que explica el 51.40 % de la variança, està forta i positivament correlacionat amb l'As, Be, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Sn, Tl i el Zn (**Taula 52**). Per altra banda, el segon component principal, que explica un 15.85% de la variança, es troba altament correlacionat amb el Co, el Mo i el Se. Finalment, el tercer component (explica el 11.63% de la variança restant) està fortament correlacionat amb l'Al, el Fe i el V.

La **Figura 40** representa el resultat de l'aplicació de l'anàlisi multivariant que es dur a terme amb totes les mostres recollides. La majoria dels sòls del riu Ebre presenten un comportament similar, formant una mateixa agrupació, en el centre superior de la figura i encerclat en color rosa. La figura **A** representa les agrupacions existents entre els sòls dels



diferents trams de mostreig, mentre que la **B**, amb un canvi d'angle de rotació respecte a la **A**, mostra les agrupacions existents entre els diferents tipus de sòls de cada riu.

Taula 52- Matriu de components correlacionats amb els metalls, per totes les mostres de sòl superficial de la conca catalana del riu Ebre.

	1	2	3
Al	0.192	0.011	0.885
As	0.932	0.032	0.127
Ba	0.011	0.010	0.030
Be	0.977	0.037	0.102
Cd	0.932	0.041	-0.165
Co	0.180	0.924	0.261
Cr	0.957	0.088	0.217
Cu	0.839	-0.028	0.277
Fe	0.201	-0.162	0.905
Hg	0.918	0.133	-0.245
Mn	0.932	0.028	0.197
Mo	0.064	0.970	-0.172
Ni	0.975	0.101	0.036
Pb	0.420	-0.182	-0.456
Sb	-0.044	-0.072	-0.054
Se	0.06	0.980	-0.104
Sn	0.948	0.195	0.019
Tl	0.947	0.037	0.070
V	0.192	0.011	0.885
Zn	0.932	0.032	0.127

Per trams de mostreig (**Figura 40-A**), en general es va poder observar que les mostres de sòls superficials formaven un clúster en la part central del diagrama, però que les mostres de zones urbanes, com van ser la 3T6S a Flix, en verd a la part superior esquerra de la figura; la 3T10S a Tortosa i la 3TS11 a Deltebre (lila, part inferior central de la figura) mostraven comportaments de continguts metàl·lics clarament diferenciats de la resta dels punts de mostreig. La **Figura 41** representa les concentracions d'alguns dels metalls en sòls superficials de ribera de zones urbanes de Ribera-Roja d'Ebre (3T2S); Flix (3T6S), Móra d'Ebre (3T7S), Benifallet (3T8S) i Tortosa (3T10S). A la **Taula 53**, es van comparar les concentracions de metalls del **Tram 1** al 2005 i el **Tram 2** (2005 i en sòls superficials de poblacions del maig del 2006) amb els criteris provisionals de Qualitat del sòl a Catalunya (mg/kg) mostrats a la **Taula 12** de Cortes (1995) i Busquet (1997).

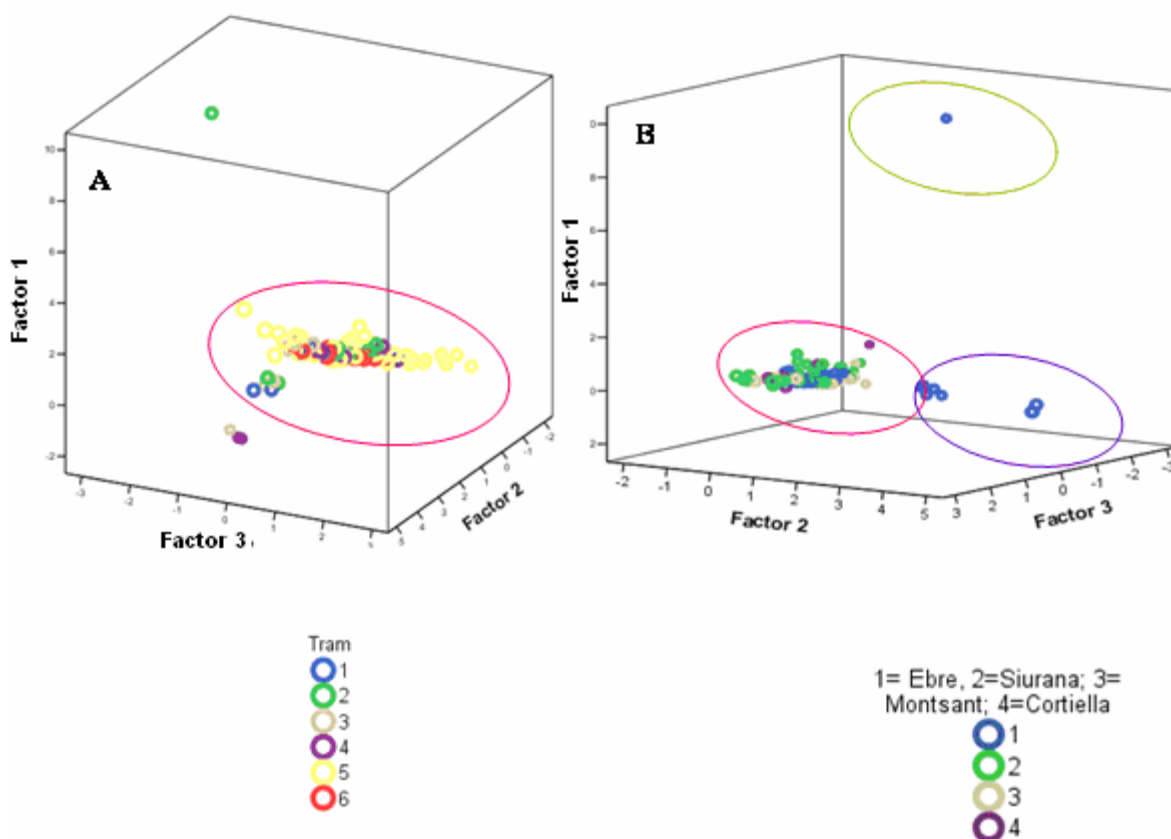


Figura 40- APC de les concentracions dels sòls superficials del tram fluvial del riu Ebre i del Priorat (2005-2007).

Els nivells d'As, Hg i Zn en sòls superficials de la localitat de Flix (3T6S, **Taula A6.3, Annex 6 i Figura 41**) van superar clarament els valors de referència establerts (**Taula 12**), i fins hi tot les concentracions recomanades per sòls d'usos no industrials. Els nivells detectats van sobrepassar els 30.00 mg/kg d'As, els 10.00 mg/kg de Hg, i els 450.0 mg/kg de Zn. A Flix, els sòls superficials de la zona urbana es van prendre prop del marge dret i esquerra del riu Ebre, i a una distància d'uns 100 metres de la fàbrica d'Erquímia.

La resta dels punts de mostreig de la conca catalana del riu Ebre i del Priorat van presentar, en general, concentracions en sòls inferiors als valors establerts per Busquet i Cortés com a sòls per a usos no industrials segons els criteris de qualitat dels sòls (**Taula 53**). Al Priorat, la majoria de les mostres de sòls superficials de ribera van superar els 5.00 mg/kg d'As, degut principalment a la tipologia dels sòls de la zona (**Taula A6.13, Annex 6**). Comportaments similars es van detectar al llarg del riu Ebre. Diferents estudis en sòls de



ribera, van detectar nivells semblants d'As en sòls superficials i de ribera (Navas i Machín, 2002; Diawara i col·ls., 2006; Overesch i col·ls., 2007).

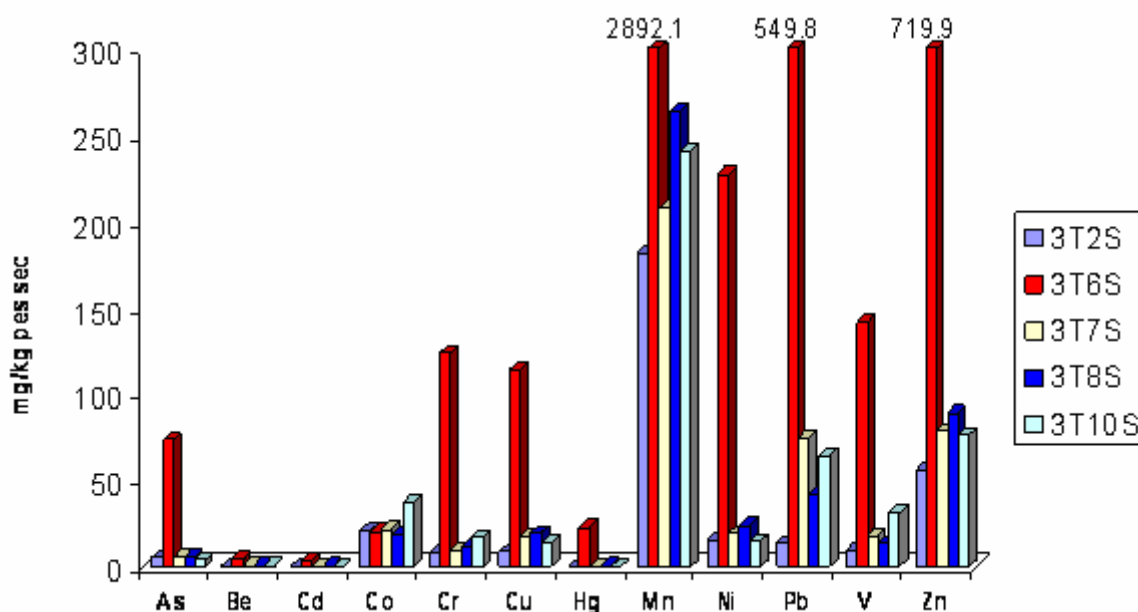


Figura 41- Concentracions d'As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, V i Zn en sòls superficials de ribera de zones urbanes de Ribera –Roja d'Ebre (3T2S); Flix (3T6S), Móra d'Ebre (3T7S), Benifallet (3T8S) i Tortosa (3T10S).

Pel **Tram 3 (Taula A6.10, Annex 6)**, totes les concentracions de Pb (març 2005, 2006 i maig del 2006), van presentar concentracions iguals o superiors als valors de referència establerts per a Catalunya, però per sota dels sòls de tipus industrials (Busquet, 1997). El Cd, Co i el Hg, durant la campanya de monitorització del 2005, van presentar també valors superiors als de referència, que van disminuir durant el 2006. Al **Tram 4 (Taula A6.11, Annex 6)**, el comportament de les mostres va ser similar al **Tram 3**, superant els valors establerts de referència per l'As i el Pb en totes les campanyes de monitorització, i el Cd, només en els sòls superficials de les poblacions de ribera al maig del 2006. Al **Tram 5**, al Priorat (**Taula A6.13, Annex 6**), l'As, el Pb, i el Co van superar les concentracions de metalls dels criteris provisionals de Qualitat del sòl a Catalunya (mg/kg) recollits a la **Taula 12** de Cortes (1995) i Busquet (1997). De nou, la tipologia dels sòls de la Comarca del Priorat, amb altes concentracions de Pb, va fer que segons els criteris establerts per Busquet (1997), els sòls, sobretot als punts de mostreig de Bellmunt i el Masroig (17 i 18, respectivament), no fossin classificables com a aptes per a usos no industrials o agrícoles. Al tram del Delta de l'Ebre (**Tram 6, Taula A6.12, Annex 6**), només els nivells d'As en sòls van ser superats pels de referència.



Taula 53- Mitjana \pm DE de totes les concentracions de metalls en sòls superficials al Tram2 del riu Ebre, expressades en mg/kg que superen els valors de referència i els fixats per a usos no industrials del sòl (Busquet, 1997).

	Valors de Referència	Ús no industrial	Tram 2 Març 2005	Tram 2 Març 2006	Tram 2 Maig 2006
Al					
As	5.00	30.00	9.83 \pm 6.55	9.61 \pm 2.5	27.93 \pm 39.42
Ba					
Be					
Cd	1.50	3.50	0.28 \pm 0.11	0.23 \pm 0.09	1.19 \pm 1.63
Co	10.00	85.00	6.75 \pm 1.62	7.52 \pm 2.26	19.1 \pm 1.83
Cr		200.0	11.94 \pm 0.60	15.2 \pm 5.41	48.39 \pm 65.14
Cu	55.00	270.0			
Fe					
Hg	1.10	10.00	0.09 \pm 0.07	0.04 \pm 0.00	9.30 \pm 11.81
Mn					
Mo					
Ni	49.00	250.0	15.05 \pm 3.47	18.54 \pm 4.46	84.94 \pm 123.18
Pb	70.00	300.0	39.82 \pm 14.61	62.38 \pm 44.8	203.8 \pm 299.99
Sb					
Se					
Sn					
Tl					
V					
Zn	178.00	450.0			287.55 \pm 375.46

A les **Figures 42 i 43**, es pot apreciar les mostres amb majors concentracions de metalls: la 3T6S (As, Be, Hg, Cu, Cr, Cd, Mn, Ni, V i Zn), així com que les mostres del Priorat presenten concentracions altes d'Al, Ba i Fe, mentre que les mostres de les poblacions de Xerta, Tortosa i Deltebre (3T9S; 3T10S i 3T11S, respectivament), tenen altes concentracions de Co comparades amb la resta dels punts de la conca, degudes principalment a la hidrogeologia dels sòls.

Amb la finalitat de veure si existia algun tipus de correlació entre les concentracions dels sediments i dels sòls, es va aplicar l'anàlisi multivariant amb totes les mostres recollides (APC). La **Figura 44.A** representa les agrupacions existents entre els sòls i els sediments. La **Figura 43.B** exposa les agrupacions entre els diferents trams de mostreig, mentre que la **Figura 44.C** les mostra entre la tipologia de sòls i de sediments de cada riu. El total de la variança explicada per l'APC és de 78.93 %. Es va observar que en general, les mostres de



sòls i sediments del Priorat presentaven concentracions similars, i que per tant existia una correlació entre les concentracions de metalls detectades en ambdues matrius (**Figura 43.C**, clúster inferior a l'esquerra).

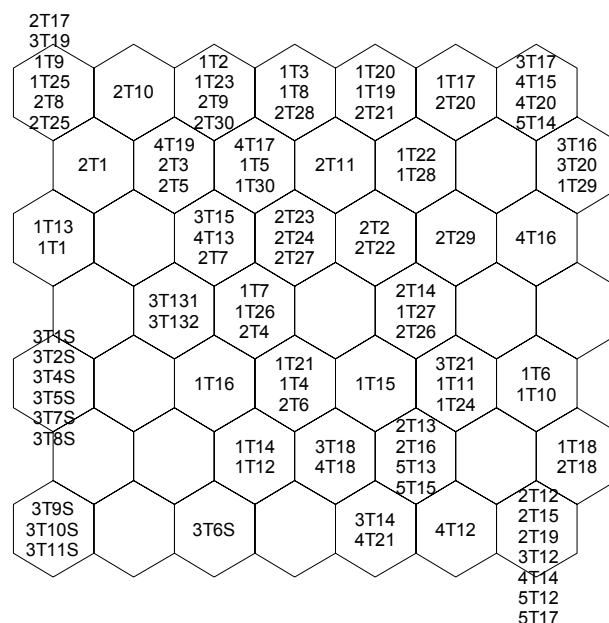


Figura 42- Xarxa hexagonal dels resultats presentats a les Taules A6.1 a A6.6 de l'Annex 6.

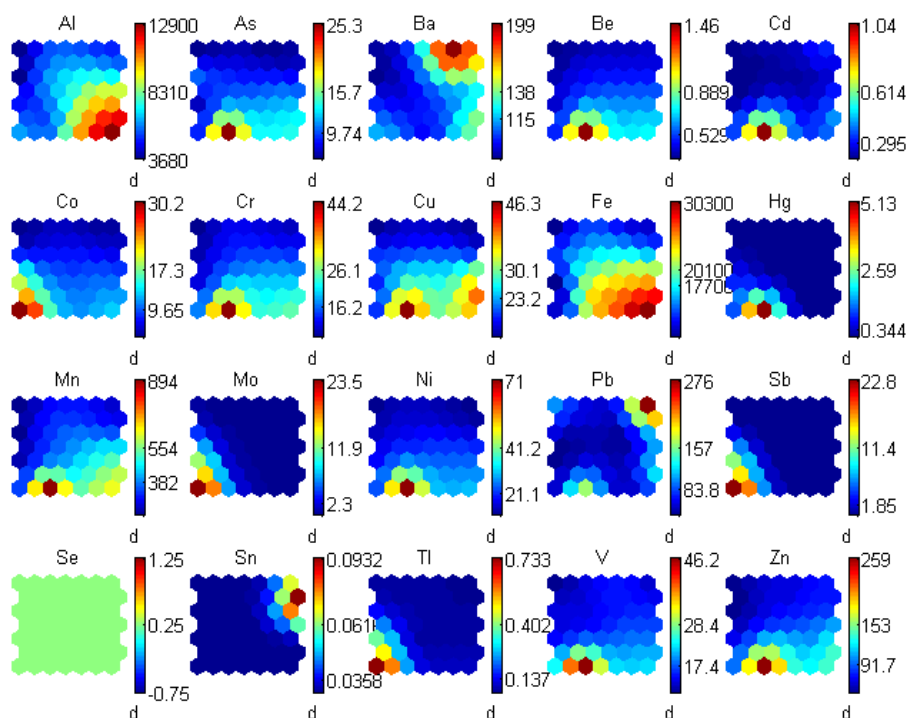


Figura 43- SOM o mapa global per comparar les concentracions de sòls superficials de ribera i de localitats riberenques de la conca catalana del riu Ebre i els rius del Priorat.



Al riu Ebre, si no es consideraven les mostres de sòls de poblacions de ribera (clúster central inferior de la **Figura 43.A i B**, i els tres punts situats a la part superior de les figures), en general, existia una clara semblança, representada com una agrupació en l'espai tridimensional, entre els sòls i els sediments. A la **Taula 54** es recull la matriu de correlació de Pearson entre els metalls dels tots els sòls superficials i el contingut de matèria orgànica (TOC%) i el pH de les mostres. Un augment de la TOC de les mostres, suposaria un increment de les concentracions de Cd i una reducció en les de Tl. El pH de les mostres de sòls es va trobar forta, positiva i significativament correlacionat amb tots els metalls a excepció del Ba, Hg, Mo, Pb i Sb. Finalment, entre els metalls de la primera sèrie de transició, es va detectar una correlació positiva entre gairebé tots, amb l'excepció de l'Al i Hg, i de la relació entre l'Al i el Mo, fortament correlacionats de forma negativa.

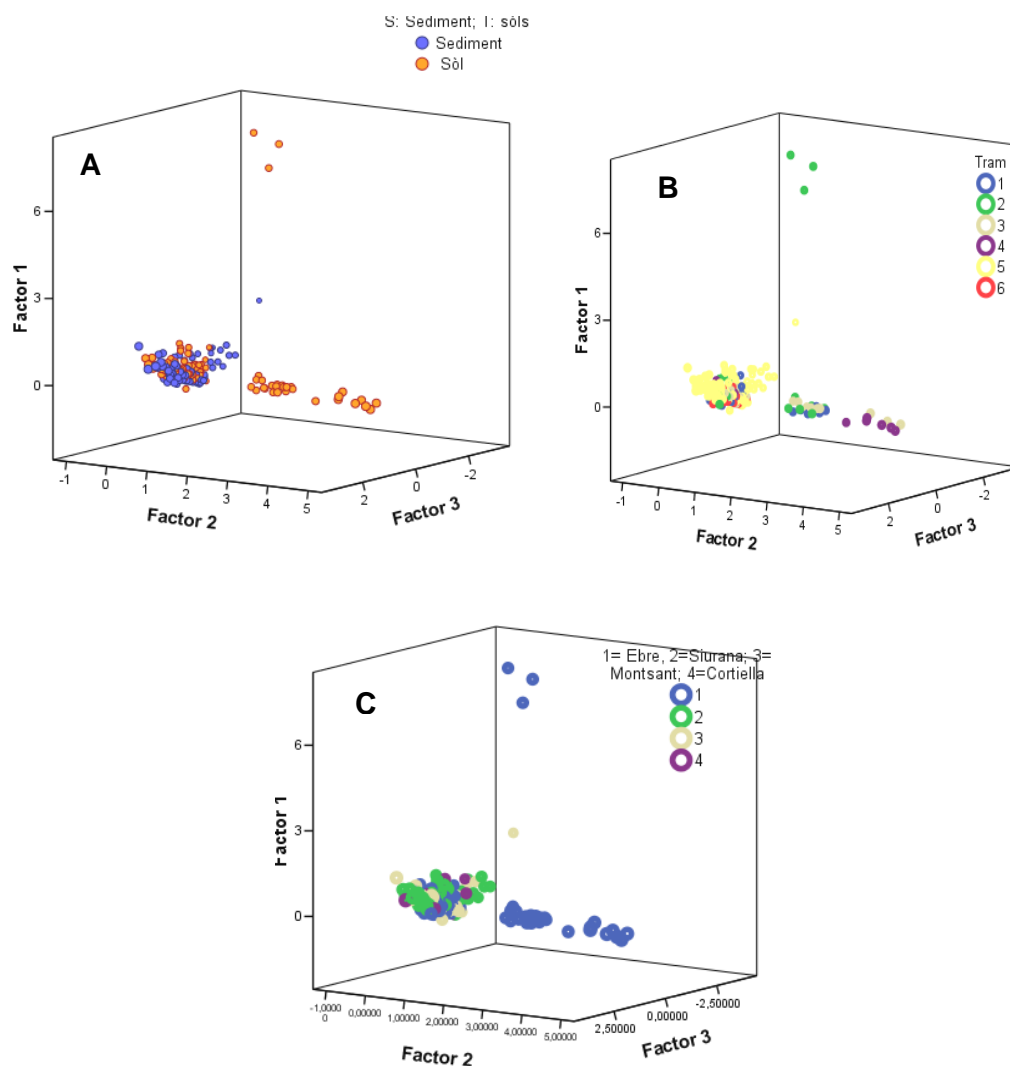


Figura 44- APC dels sòls superficials i sediments del tram fluvial del riu Ebre i del Priorat (2005-2007). Agrupacions segons matrius (A), trams de mostreig (B) i rius (C).



4.2.5- BIOTA FLUVIAL DE LA ZONA DE RIBERA

Les concentracions de metalls en biota fluvial xantòfil·la a la conca catalana del riu Ebre es presenten a l'Annex 7. A la Taula A7.1 i la A7.2 es recullen les concentracions en el tram fluvial del riu Ebre durant les campanyes de monitorització del 2005 i 2006, respectivament. Pel Tram 5, a la comarca del Priorat, i pels rius Siurana, Montsant i Cortiella, els resultats s'exposen de Taula A7.3 a la A7.4. Els períodes de mostreig van ser gener i abril del 2006 per la primera taula, i octubre del 2006, gener i l'abril del 2007 per la segona. Els resultats obtinguts es van comparar en la Figura 45 amb els altres estudis publicats per alguns metalls en biota aquàtica i presentats en la Taula A7.11 de l'Annex 7 (Arin i col·ls., 2005; Chandra Sekhar i col·ls., 2005; Oscoz i col·ls., 2005; Lavado i col·ls., 2006; Terrado i col·ls., 2006).

A la Figura 45 es pot observar com les concentracions d'alguns dels metalls estudiats, tant en el riu Ebre com en el Riu Siurana, a excepció del Ba, presentaven concentracions inferiors a les detectades en zones industrialitzades d'Alemanya (Overesch i col·ls., 2007), la Índia (Chandra Sekhar i col·ls., 2005) o en zones rurals de Polònia (Samecka-Cymerman i Kempers, 1999). La Taula 55 mostra la mitjana i la desviació estàndard de totes les concentracions de metalls en biota fluvial xantofil·la als trams fluvials del riu Ebre, durant les campanyes de monitorització del març de 2005 i 2006. No s'ha fet cap estudi d'evolució temporal, degut a la gran variabilitat entre les espècies que es van recollir, així com a la seva mida i al tipus de sediment al qual es trobava unida (Arin i col·ls., 2005).

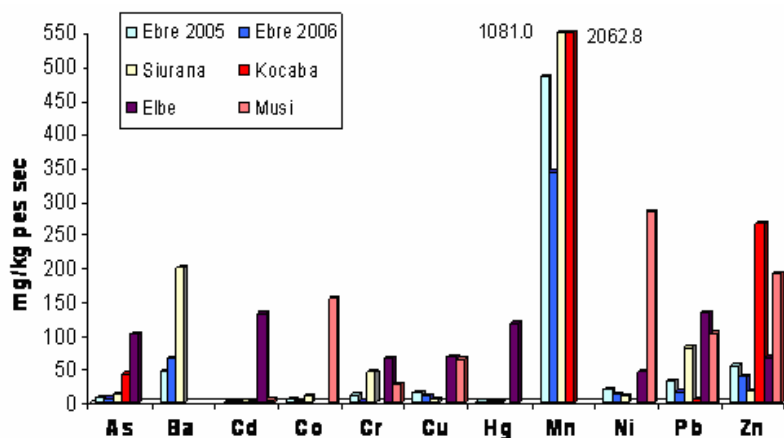


Figura 45- Concentracions d'alguns metalls en biota expressades en mg/kg en pes sec. Comparació amb altres estudis (Samecka-Cymerman i Kempers, 1999; Chandra Sekhar i col·ls., 2005; Overesch i col·ls., 2007)

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5 /DL: T.2189-2007

Taula 54- Matriu de correlació de Pearson entre els metalls dels sòls superficials i el contingut de matèria orgànica (TOC%) i el pH de les mostres.

	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn	TOC	pH	
Al																							
As	0.40																						
Ba	0.05	-0.26																					
Be	0.74	0.63	-0.10																				
Cd	0.18	0.29	-0.13	0.32																			
Co	0.66	0.77	-0.03	0.88	0.21																		
Cr	0.75	0.65	-0.03	0.92	0.33	0.94																	
Cu	0.66	0.49	0.08	0.76	0.42	0.66	0.66																
Fe	0.73	0.79	-0.10	0.92	0.41	0.95	0.96	0.75															
Hg	-0.47	0.47	-0.08	-0.10	0.27	0.05	-0.12	0.09	0.07														
Mn	0.85	0.36	0.38	0.72	0.10	0.70	0.72	0.69	0.69	-0.35													
Mo	-0.48	0.51	-0.09	-0.08	0.26	0.13	-0.05	0.05	0.12	0.98	-0.34												
Ni	0.72	0.75	-0.05	0.91	0.27	0.97	0.94	0.65	0.95	-0.02	0.72	0.06											
Pb	0.24	-0.01	-0.18	0.05	0.58	-0.19	-0.07	0.33	0.03	-0.07	0.08	-0.16	-0.13										
Sb																							
Se																							
Sn																							
Tl	-0.26	-0.22	-0.07	-0.27	-0.49	-0.13	-0.22	-0.32	-0.30	-0.03	-0.23	0.00	-0.19	-0.42									
V	0.55	0.54	0.12	0.44	0.30	0.60	0.67	0.46	0.69	0.09	0.45	0.14	0.60	-0.07					-0.18				
Zn	0.70	0.31	-0.15	0.69	0.74	0.46	0.64	0.67	0.65	-0.22	0.53	-0.27	0.53	0.57					-0.44	0.41			
TOC	0.12	0.15	0.07	0.18	0.45	0.16	0.22	0.13	0.24	0.06	0.06	0.08	0.19	0.32					-0.66	0.20	0.33		
pH	0.71	0.67	-0.15	1.00	0.23	0.90	0.91	0.65	0.92	-0.18	0.68	-0.09	0.92	-0.22				-0.15	0.18	0.63	0.62	1.00	0.71

Verd: correlació positiva, vermell: correlació negativa, Fons groc nivell de significació inferior a 0.01, color carbassa, nivell de significació inferior a 0.05



Taula 55- Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en biota fluvial al tram fluvial del riu Ebre, expressades en mg/kg en pes sec.

	Març 2005 (n=20)	Març 2006 (n=20)
Al	6600.2 \pm 4199.6	3143.7 \pm 2286.6
As	6.28 \pm 1.53	6.94 \pm 5.36
Ba	52.88 \pm 44.65	52.12 \pm 44.79
Be	0.42 \pm 0.15	0.27 \pm 0.22
Cd	0.25 \pm 0.22	0.34 \pm 0.47
Co	0.95 \pm 0.49	5.07 \pm 4.90
Cr	2.22 \pm 3.52	10.47 \pm 11.01
Cu	12.99 \pm 7.29	11.16 \pm 6.65
Fe	8467.3 \pm 3799.4	6372.6 \pm 5292.7
Hg	0.33 \pm 0.37	0.18 \pm 0.21
Mn	722.3 \pm 1025.7	1178.2 \pm 1978.1
Mo	0.59 \pm 0.27	0.87 \pm 1.10
Ni	7.82 \pm 11.81	14.42 \pm 11.16
Pb	10.42 \pm 7.05	0.17 \pm 0.16
Sb	0.06 \pm 0.03	9.41 \pm 10.01
Se	14.65 \pm 8.38	0.50 \pm 0.33
Sn	0.13 \pm 0.22	0.10 \pm 0.14
Tl	0.02 \pm 0.01	0.02 \pm 0.02
V	7.76 \pm 4.21	9.98 \pm 7.10
Zn	58.19 \pm 47.40	84.00 \pm 62.70

No es van buscar diferències estadísticament significatives entre les campanyes de mostreig, degut a la gran variabilitat entre les espècies recollides.

A la **Figura 46** es veu clarament l'augment de les concentracions de Hg en biota aigües avall de la presa de Flix per bioacumulació, amb un lleuger augment a Benifallet, probablement degut a les activitats agrícoles de la zona i a les d'aigües residuals urbanes que s'aboquen directament al riu. S'ha agafat com a blanc l'embasament de Riba-Roja i el Pantà de Flix a l'alçada de la central hidroelèctrica de Riba-Roja, amb concentracions de Hg de l'ordre de 0.02 mg/kg. Els resultats es van comparar amb els realitzats en el riu Elbe a Alemanya, una zona àmpliament industrialitzada amb fàbriques de galvanització (Overesch i col·ls., 2007). Els nivells detectats en aquest recent estudi, van mostrar concentracions mitjanes de Hg en algues fluvials de 118 mg/kg.

El Hg en sediments va mostrar valors elevats durant la primera campanya de mostreig al 2005 a Flix i a Xerta. Durant el 2006, es va notar un augment de les concentracions d'aquest metall a Flix (2S4), Ascó (2S5) i Garcia (2S6) i va disminuir lleugerament a Móra d'Ebre (2S7) (**Figura 39**). Els nivells en sediments (**Figura 39**) i en



biota (**Figura 46**) indicaven que existia un cert escapament de Hg procedent del pantà de Flix.

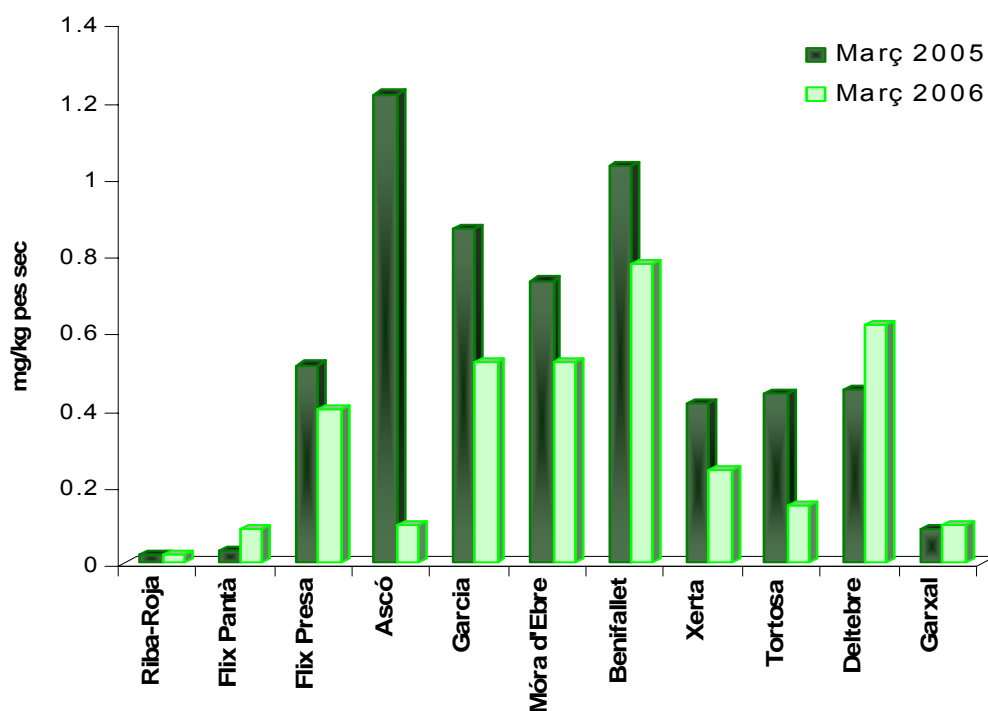


Figura 46- Concentracions de Hg en biota fluvial (*attached algae*) expressades en mg/kg en pes sec al llarg del riu Ebre, des de Riba-Roja fins a la seva desembocadura.

L'ACP (**Figura 47**) s'ha realitzat amb la finalitat de correlacionar els nivells de metalls en mostres de biota fluvial amb els dels sediments superficials fluvials. L'aplicació d'aquesta anàlisi factorial ha permès obtenir un model tridimensional que explicaria només el 49.01% de la variança total de totes les mostres. Pel tram fluvial del riu Ebre i pel Priorat, en general, les concentracions en sediments i en biota van ser similars (encerclades en vermell). A la **Figura 47 A i B**, van presentar una distribució similar, així doncs, semblava que existís una correlació entre els nivells detectats en ambdues matrius.

A la **Figura 48** es representa el resultat de l'aplicació de l'anàlisi multivariant que es va realitzar amb totes les mostres de biota fluvial recollides. Amb finalitat de correlacionar els nivells de metalls en mostres de biota fluvial amb les fonts potencials de contaminació es va realitzar una anàlisi multivariant mitjançant un ACP. L'aplicació d'aquesta anàlisi factorial ha permès obtenir un model tridimensional que explicaria només el 51.17% de la variança total de totes les mostres. El primer component principal (factor 1), que explica el 27.01% de la variança, està forta i positivament correlacionat amb els metalls pesants As, Ba, Mn, i V (**Taula 56**). Per altra banda, el segon component principal, que explica un 13.01% de la



variança, es troba altament correlacionat amb l'Al, el Hg i el Se. Finalment, el tercer component (que explica l'11.15% de la variança restant) està fortament correlacionat amb el Cr i el Mo.

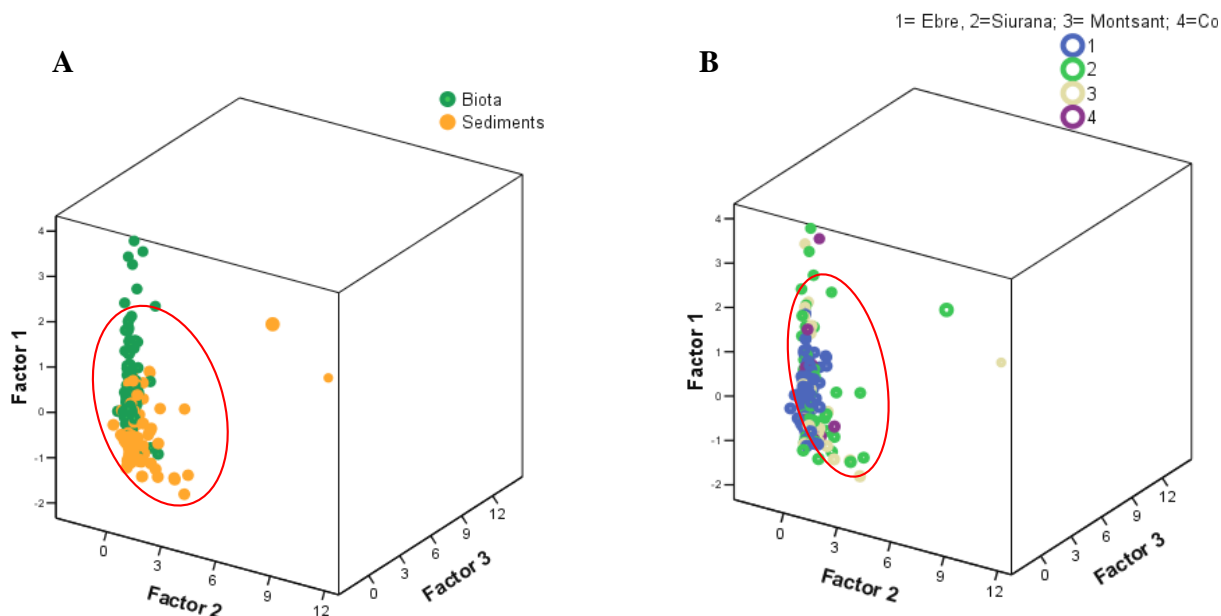


Figura 47- APC de les concentracions de biota i sediments superficials en del tram fluvial del riu Ebre i del Priorat (2005-2007). Agrupacions segons la matriu (A) i els rius (B).

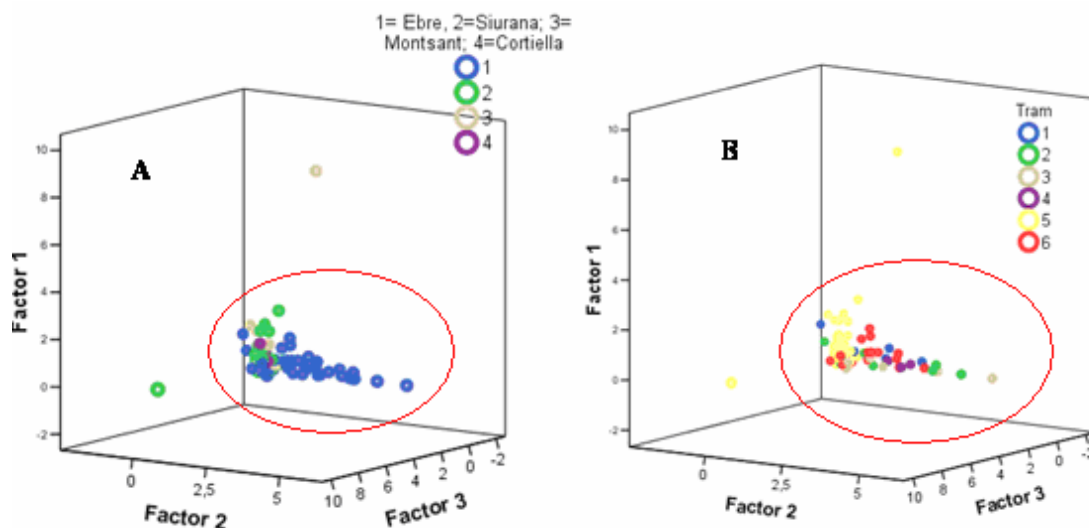


Figura 48- APC de les concentracions de biota en del tram fluvial del riu Ebre i del Priorat (2005-2007). Agrupacions segons els rius (A) i els trams de mostreig (B).



La majoria de la biota del tram català del riu Ebre i del Priorat, presentava un comportament similar, formant una mateixa agrupació, en el centre de la figura. Degut a les altes concentracions de Mn en les mostres de sediments i biota fluvial de l'Embassament de Siurana i del Pantà de Margalef, dues de les mostres de biota van acumular grans quantitats d'aquest element i es van diferenciar clarament de la resta.

Taula 56- Matriu de components correlacionats amb els metalls, per totes les mostres de biota de la conca catalana del riu Ebre.

	1	2	3
Al	0.321	0.663	0.136
As	0.912	0.086	0.028
Ba	0.794	-0.145	-0.006
Be	0.440	0.671	0.128
Cd	0.023	-0.072	0.225
Co	0.494	-0.111	0.584
Cr	0.039	0.018	0.974
Cu	0.206	0.187	-0.128
Fe	0.649	0.477	0.227
Hg	-0.079	0.806	-0.061
Mn	0.914	0.039	-0.072
Mo	-0.011	0.024	0.967
Ni	0.262	-0.034	0.154
Pb	-0.059	-0.117	0.209
Sb	-0.007	0.102	0.076
Se	-0.080	0.897	-0.082
Sn	0.011	-0.038	-0.012
Tl	0.081	-0.003	0.068
V	0.738	0.189	0.209
Zn	-0.044	0.186	-0.145

A les **Figures 49 i 50**, es pot apreciar que les mostres amb majors concentracions en biota d'As, Ba, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Sn, Mo, Tl i V són les corresponents a les mostres del Priorat, sobretot a les situades a les zones properes als embassaments i pantans (punts 12 i 21), i a Falset, Bellmunt del Priorat i el Masroig (punts 16, 17 i 18, respectivament). Majors concentracions d'Al, Hg, Se i Be es van detectar al Tram alt del riu Ebre en zones properes a Flix, o aigües avall fins a Garcia, degudes principalment a la biacumulació d'aquests metalls des dels sediments i l'aigua fluvial.

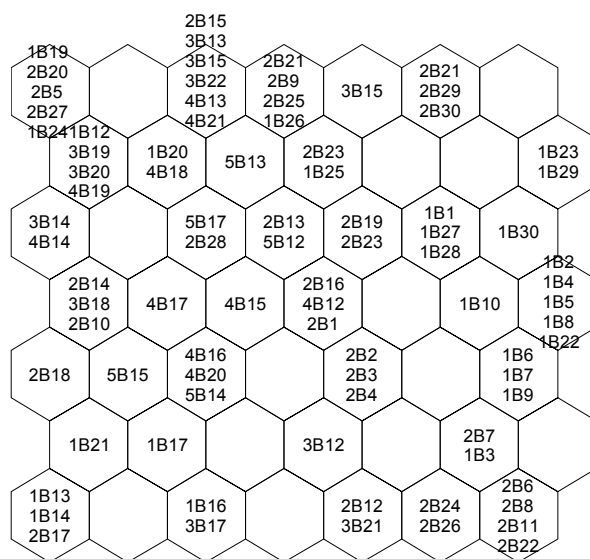


Figura 49- Xarxa hexagonal dels resultats presentats a les Taules A7.1 a A7.6 de l'Annex 7.

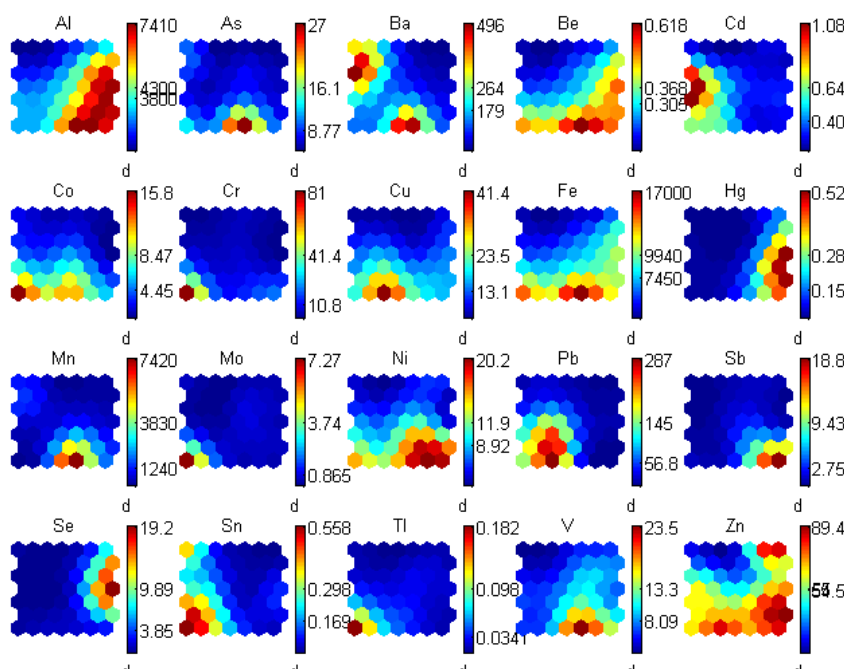


Figura 50- SOM o mapa global per comparar les concentracions de biota de la conca catalana del riu Ebre i els rius del Priorat.



4.3- AVALUACIÓ DE RISCOS SOBRE LA SALUT PER EXPOSICIÓ AMBIENTAL A METALLS

Durant els últims anys s'han incrementat els estudis centrats en avaluar si la contaminació ambiental, principalment de l'aigua i els sòls per certs contaminants. La finalitat de molts dels estudis d'avaluació del risc per a la salut de la població, ha estat pressuposar si l'exposició a aquests contaminants pot arribar a implicar un risc ambiental addicional pels humans. La població infantil és, potencialment, la més afectada per aquest tipus de contaminació (De Miguel i col·ls., 2007). En l'avaluació de l'exposició a contaminants ambientals es determina la quantitat de contaminant a la que la població es troba exposada, a sigui a través de l'aire, l'aigua o els sòls. Aquesta dada és necessària per tal de caracteritzar i avaluar el risc sobre la salut que potencialment suposen alguns contaminants.

4.3.1- AVALUACIÓ DE L'EXPOSICIÓ A METALLS EN L'AIGUA DE CONSUM

4.3.1.1- Comparació amb els nivells de seguretat i els valors legiscats

Les concentracions dels metalls en aigua de consum de les poblacions de ribera de l'Ebre es recullen a la **Taula A2.5** de l'**Annex 2**. A la comarca del Priorat, s'ha assumit que els nivells de metalls en aigua destinada al consum humà són els dels rius Siurana, Montsant i Cortiella (**Taula A2.2** i **A2.3** de l'**Annex 2**.) Els rius, o bé actuen com a recarregadors dels aqüífers de la zona, o bé s'utilitzen directament per a la captació de l'aigua destinada al consum humà (**Taula 4** de la Introducció). Les concentracions obtingudes es van comparar amb els nivells de seguretat establerts per a la ingesta d'aigua de la **Taula 57** (US EPA, 2001; 2004; 2006). Per **adults**, la US EPA ha establert els valors de seguretat de: *Maximum Contaminant Level Goal (MCLG)* i *Drinking Water Equivalent Level (DWEL)*, que es defineixen com a valor d'exposició pels quals no es coneixen efectes adversos no cancerígens, sobre la salut de les persones i que permeten un marge adient de seguretat, per una intoxicació aguda (MCLG), i per una intoxicació crònica en adults de 70 anys d'edat (DWEL) (US EPA, 2006).

D'entre totes les aigües analitzades, cap dels valors va superar els MCLG. Per tant, les concentracions de metalls en aigua, no suposarien intoxicacions potencials agudes per la



seva ingesta. En canvi, un consum continuat d'aigua amb les concentracions de Mn, als punts de mostreig 12 a l'embassament de Siurana i al 19, al Pantà de Margalef de la comarca del Priorat gairebé superarien els nivells de seguretat establerts per una intoxicació crònica en adults de 70 anys d'edat. Segons l'ATSDR (2000c), aproximadament entre un 3 i un 5% del Mn ingerit no és eliminat de l'organisme, ja que és un element essencial i necessari. El cos humà normalment controla la quantitat de manganès que s'absorbeix. Per exemple, si s'ingereixen grans quantitats de Mn en la dieta, el cos és capaç d'excretar-lo, mantenint una concentració aproximadament constant (ATSDR, 2000c). Una deficiència de Fe en l'organisme, pot fer que els individus esposats a Mn siguin més susceptibles a intoxicacions per aquest metall (Kakkar i Jaffery, 2005). En un estudi realitzat en dues petites poblacions de Grècia, en adults amb una mitjana de 67 anys, i que van consumir aigua amb nivells de 1.80 a 2.30 mg/L de Mn, els resultats van demostrar un augment d'alteracions neurològiques similars a les descrites per exposicions laborals cròniques a Mn (manganisme) (ATSDR, 2000c).

Per **nens**, es va establir el valor de **one-day** i **ten-day**. Aquests són considerats com a concentracions en aigua de consum que no han de ser superades i que no són causants d'efectes no carcinogènics després d'un i deu dies d'exposició, respectivament. Els nivells de seguretat *one-day* i *ten-day* pel Mn gairebé van ser superats de nou a la comarca del Priorat. Els nens són més susceptibles que no pas els adults als efectes del Mn. La majoria dels estudis realitzats fins a l'actualitat determinen les concentracions de Mn en aigua de consum i en la dieta per tal de determinar els possibles efectes sobre la població infantil. La ingesta d'altres concentracions de Mn, podria suposar un augment dels efectes neurològics d'aquest element (ATSDR, 2000c).

Els gestors de les aigües municipals urbanes, i segons el RD 140/2003, han de tractar-les de manera que no es superin les concentracions dels paràmetres establerts en els annexes A i B de la llei. El Mn es troba inclòs en l'annex C, considerant-lo com a valor indicador (BOE, 2003). Caldria doncs determinar si els tractaments de cloració influeixen en la presència del Mn en aigua, per evitar possibles intoxicacions cròniques a partir de l'aigua de consum. L'eliminació efectiva de l'excés de Mn en aigua destinada al consum humà, ja s'està realitzant per osmosi inversa i/o per oxidació dels òxids de Mn de l'aigua, segons dades subministrades pels ajuntaments de Cornudella, Poboleda, Torroja del Priorat i Gratallops. Properament s'iniciarà un estudi a la comarca del Priorat, subvencionat pels "Premis Estudis 2006" de la Fundació Caixa Sabadell, per avaluar l'efectivitat d'aquestes tècniques en l'aigua destinada al consum humà, i determinar si els processos utilitzats



combinats amb la cloració de l'aigua, suposen un augment o una disminució del risc per a la població.

El Zn, tampoc va superar per a tots els punts de mostreig els nivells de seguretat establerts de *DWEL* (US EPA, 2006). El Zn és un element essencial en la dieta, que generalment no provoca efectes adversos sobre la salut de tipus no cancerigen, fins que les concentracions no superen entre 10 i 15 vegades els nivells de seguretat. Una ingesta continua d'aigua, amb les concentracions de Zn detectades a la conca catalana del riu Ebre, podria augmentar la incidència d'anèmies i la disminució en els nivells de colesterol dels seus habitants (ATSDR, 1999).

Taula 57- Nivells de seguretat per a la ingesta d'aigua, expressats en µg/L (US EPA, 2001; 2004a).

	<i>MCLG</i>	<i>One-day</i>	<i>Ten-day</i>	<i>DWEL</i>
Al				
As				10.0
Ba	2000.0	700.0	700.0	7000.0
Be	4.0	30000.0	30000.0	7.0
Cd	5.0	40.0	40.0	20.0
Co				
Cr	100.0	1000.0	1000.0	100.0
Cu	1300.0			0.0
Fe				
Hg	2.0	2.0	2.0	10.0
Mn		1000.0	1000.0	1600.0
Mo		80.0	80.0	200.0
Ni		1000.0	1000.0	70.0
Pb				
Sb	6.0	10.0	10.0	10.0
Se	50.0			200.0
Sn				
Tl	0.5	7.0	7.0	2.0
V				
Zn		6000.0	6000.0	10000.0

Per tal d'avaluar l'exposició a Al, As, Be, Cd, Cr, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb, V i Zn de l'aigua de consum per ingesta i absorció dèrmica, es va dividir la conca catalana del riu Ebre en tres trams. Al **Tram Alt** es van incloure les poblacions de Riba-Roja d'Ebre, Flix, Ascó, Móra d'Ebre i Garcia. Pel **Tram Baix** es van considerar les localitats de Miravet, Xerta, Tortosa i



Deltebre. Les mostres en ambdós trams es van prendre durant els mesos de març i agost del 2006. Pel **Tram del Priorat** es van considerar les poblacions de Cornudella, Torroja del Priorat, Gratallops, Falset, Bellmunt del Priorat, Porrera, la Vilella Baixa i Margalef. Es van considerar les mostres d'aigua fluvial com a aigua destinada al consum humà. Les mostres es van prendre durant el 2006 (gener, abril, octubre) i el 2007 (gener i abril). Les mitjanes de les concentracions en aigua de consum, així com les desviacions estàndard es van obtenir a partir de totes les dades d'aigua de consum de les diferents campanyes de monitorització (**Taula 58**). Quan les concentracions d'un metall van ser inferiors al seu límit de detecció, es va utilitzar la meitat de límit de detecció com a concentració (Chandra Sekhar i col·ls., 2003; Bocio i col·ls., 2005). Per tal d'establir l'exposició a metalls, es van avaluar dos grups de població: adults i nens.

Taula 58- Mitjana \pm DE en les concentracions de metalls en aigua de consum, expressades en mg/L.

	Tram Alt (n=10)	Tram Baix (n=10)	Tram Priorat (n=45)
Al	1.62E-02 \pm 3.25E-02	1.62E-02 \pm 3.44E-02	3.20E-02 \pm 3.48E-02
As	4.66E-04 \pm 5.85E-04	1.64E-04 \pm 1.57E-04	8.98E-04 \pm 7.27E-04
Be	5.00E-04 \pm -	5.00E-04 \pm -	5.00E-04 \pm -
Cd	5.00E-05 \pm -	5.00E-05 \pm -	2.65E-05 \pm 8.03E-06
Cr	1.22E-04 \pm 4.21E-05	5.00E-05 \pm 1.24E-12	1.42E-03 \pm 9.18E-04
Fe	1.17E-02 \pm 6.28E-03	1.58E-02 \pm 1.62E-02	3.26E-02 \pm 3.94E-02
Hg	1.38E-04 \pm 8.01E-05	1.76E-04 \pm 1.66E-04	1.00E-04 \pm -
Mn	1.69E-03 \pm 2.92E-03	3.14E-04 \pm 4.84E-04	3.28E-02 \pm 1.13E-01
Ni	8.34E-04 \pm 7.16E-04	3.04E-04 \pm 3.54E-04	3.08E-03 \pm 3.01E-03
Pb	2.41E-04 \pm 1.62E-04	2.00E-04 \pm 1.31E-04	6.21E-04 \pm 8.39E-04
V	6.51E-04 \pm 3.15E-04	1.21E-03 \pm 1.03E-03	2.94E-03 \pm 2.18E-03
Zn	1.90E-02 \pm 7.50E-03	8.21E-03 \pm 4.44E-03	2.98E-03 \pm 2.16E-03

En vermell es marquen les concentracions de metalls no detectats i per tant no hi figura la desviació estàndard.

4.3.1.2 - Ingesta d'aigua: Estimated oral dose (EDDw)

A la **Taula A8.1** de l'**Annex 8** es recullen els resultats de les exposicions estimades de metalls a partir de l'aigua de consum per ingesta. Es presenten els resultats de la mitjana, la mediana, la desviació estàndard i els percentils 10%, 50% i 90% de l'anàlisi de la variabilitat. Per aquells metalls en què la concentració es va trobar per sota del seu LOD, l'estudi de variabilitat no es va realitzar.



A la **Figura 51** es pot apreciar com l'exposició estimada d'ingesta de metalls (EDD_w) en nens a partir de l'aigua era molt superior a la dels adults. En el cas dels nens, l'exposició presentava valors superiors, degut a que per calcular l'exposició predita, pel pes corporal dels nens s'utilitzava un valor mitjà de 15.0 kg, amb un màxim de 26.0 kg i un mínim de 6.0 kg (distribució triangular, **Taula 13**). Pels adults, en canvi, la mitjana del pes corporal utilitzada va ser de 77.1 kg amb una desviació de 13.5 kg.

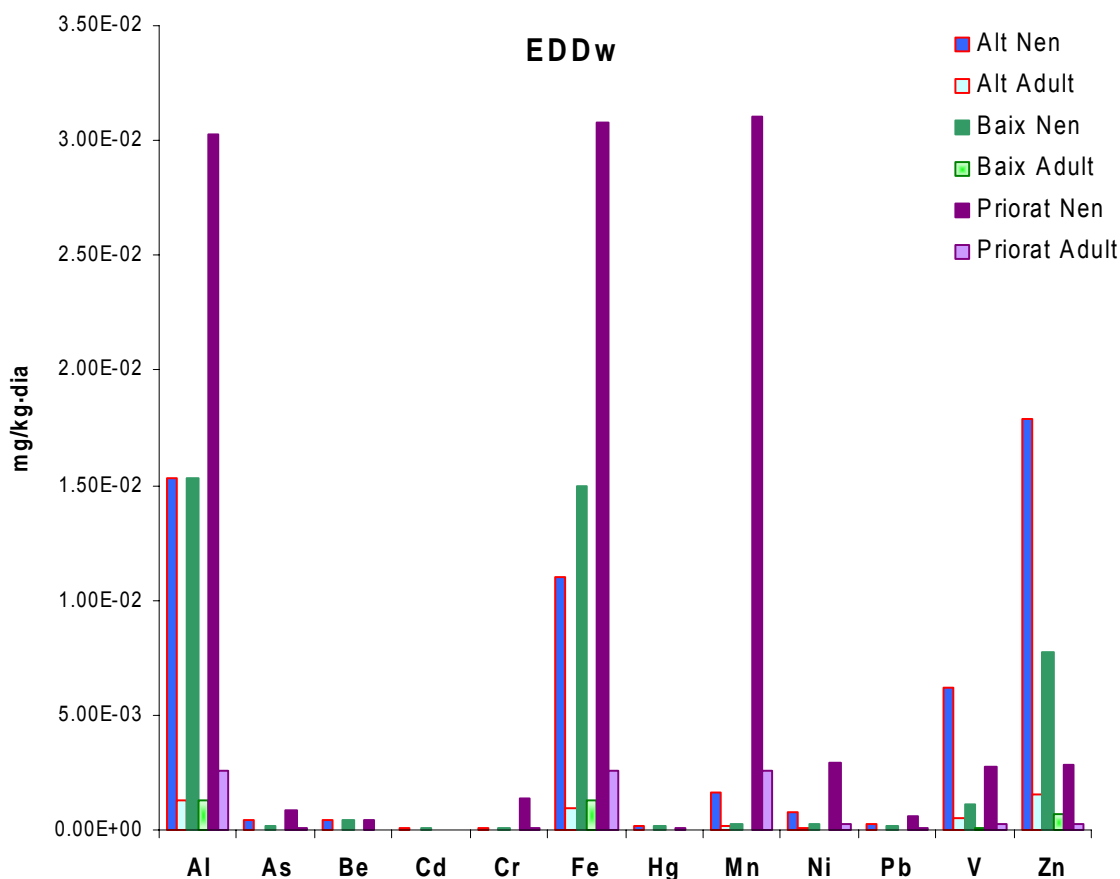


Figura 51- Exposició estimada a metalls per ingesta d'aigua en nens i adults, Estimated oral dose (EDD_w), al Tram Alt (Alt) i Baix (Baix) del riu Ebre i al Priorat.

Per trams de mostreig, i degut principalment a que les concentracions d'Al ($3.20 \cdot 10^{-2}$ mg/L), Fe ($3.26 \cdot 10^{-2}$ mg/L), i Mn ($3.28 \cdot 10^{-2}$ mg/L) al Priorat van ser clarament superiors als del Tram Alt i Baix. Les exposicions estimades, tant per adults com per nens van ser majors. Les concentracions de Zn i del V van ser superiors al Tram Alt del riu Ebre, i conseqüentment es van obtenir exposicions més altes. La EDD_w pel V en nens va ser de $3.53 \cdot 10^{-5} \pm 1.77 \cdot 10^{-4}$ mg/kg·dia i en adults de $8.20 \cdot 10^{-7} \pm 1.84 \cdot 10^{-6}$ mg/kg·dia al Tram Alt, mentre que pel Zn, $6.36 \cdot 10^{-4} \pm 3.03 \cdot 10^{-3}$ i per adults $1.43 \cdot 10^{-5} \pm 3.08 \cdot 10^{-5}$ mg/kg·dia. L'alt



valor de la desviació estàndard de l'exposició, va ser degudes principalment a la gran disparitat entre els resultats de les concentracions de metalls al llarg del tram de mostreig.

4.3.1.3 - Absorció dèrmica: Estimated daily metal dermal absorption (Der_w)

A la **Taula A8.2** de l'**Annex 8** es recullen els resultats de les exposicions estimades a partir de l'absorció dèrmica de metalls de l'aigua de consum (Der_w). Es presenten els resultats de la mitjana, la mediana, la desviació estàndard i els percentils 10%, 50% i 90% de l'anàlisi de la Variabilitat. Per aquells metalls en què la concentració es va trobar per sota del seu LOD, l'estudi de variabilitat no es va realitzar. A la **Figura 52** es pot apreciar com l'exposició estimada per absorció dèrmica de metalls en nens a partir de l'aigua era molt superior a la dels adults. Es van utilitzar les dades d'àrea total de superfície corporal (SA, **Taula 13**) en nens de 423.00 ± 73.00 cm²/kg de pes corporal i en adults de 248.00 ± 28.00 cm²/kg, totes dues amb una distribució lognormal.

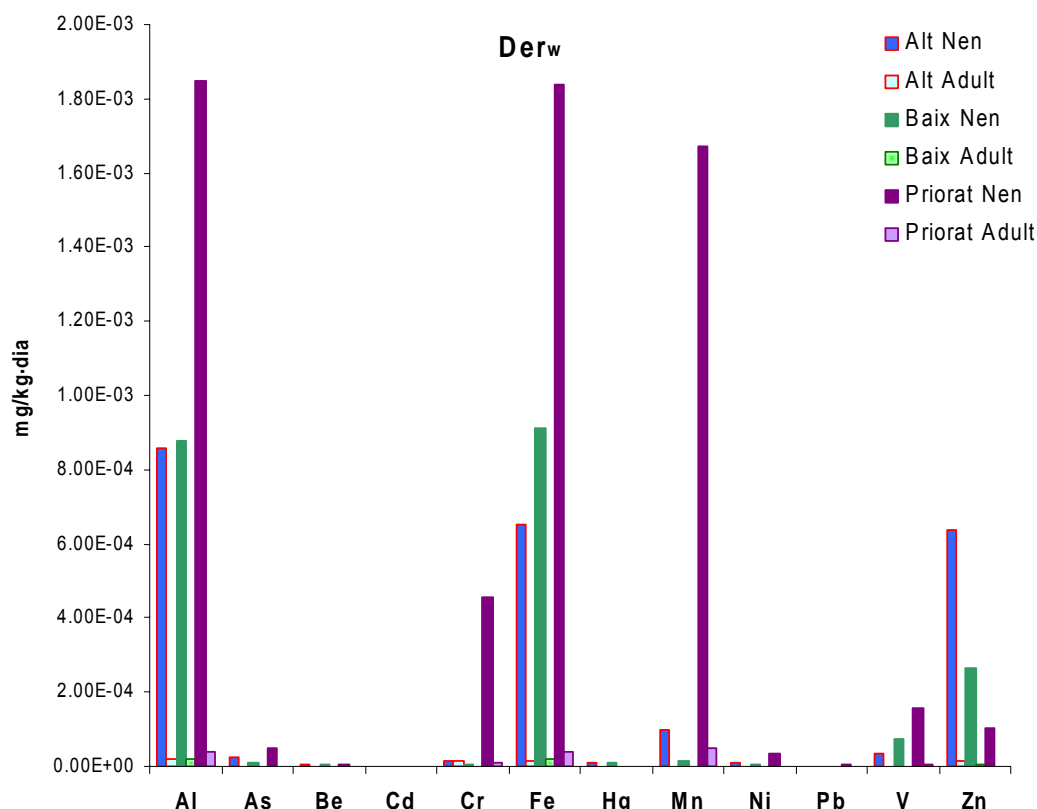


Figura 52- Exposició estimada a metalls per absorció dèrmica d'aigua en nens i adults, Estimated daily metal dermal absorption (Der_w) al Tram Alt i Baix del riu Ebre i al Priorat.



De nou el pes va ser un dels paràmetres determinants en el càlcul de l'exposició predita. Es va suposar en ambdós càlculs que el temps d'exposició del bany era de 12 minuts al dia, amb un màxim de 20 i un mínim de 8 minuts al dia. Chandra Sekhar i col·laboradors (2003) havien proposat temps d'exposició diferents per nens i per adults. En nens el temps d'exposició era de 30 minuts diaris al bany, suposant 305 banys anuals, mentre que el temps en adults disminuïa fins a 15 minuts diaris amb un total de 350 banys anuals (Chandra Sekhar i col·ls., 2003). Aquestes dades van ser utilitzades durant la creació de l'aplicació *HRA metales pesados*, ja que es van considerar com a paràmetres més ajustats a la realitat (Bouma i col·ls., 2005). Per trams de mostreig, i degut principalment a que les concentracions d'Al, Fe i Mn al Priorat, les exposicions estimades van ser clarament superiors a les del Tram Alt i Baix, tant per adults com per nens. Les concentracions de Zn i pel V van ser majors al Tram Alt del riu Ebre, i conseqüentment es van obtenir exposicions més altes.

4.3.2- AVALUACIÓ DE L'EXPOSICIÓ A METALLS A PARTIR DE LES PARTÍCULES DE SÒLS

Les concentracions dels metalls en sòls superficials de les poblacions de ribera de l'Ebre es recullen a la **Taules A6.1 a A6.3** de l'**Annex 6**, mentre que els de la comarca del Priorat es presenten a les **Taules A6.4 i A6.5**. La **Taula 59** recull les mitjanes de les concentracions de metalls en sòls de totes les campanyes de monitorització, per les localitats estudiades de cada tram de mostreig.

4.3.2.1- Ingesta de sòls

Les concentracions estimades de metalls que podien ser ingerits a partir de la resuspensió de les partícules de sòls pels diferents grups de població es presenten a la **Taula A8.4** de l'**Annex 8**. Es recullen també els resultats de la mitjana, la mediana, la desviació estàndard i els percentils 10%, 50% i 90% de l'anàlisi de la Variabilitat. Per aquells metalls en què la concentració es va trobar per sota del seu LOD, l'estudi de variabilitat no es va realitzar. Les partícules sòlides suspeses (PST) a l'atmosfera originades en processos de combustió, per resuspensió dels sòls per efecte del vent, o de pràctiques agrícoles, solen ser de mida molt petita i elevada àrea específica (Smith, 1996; Jang i col·ls., 2007; Mari i col·ls., 2007). Els metalls, presenten una forta tendència a estar presents en fase adsorbida en les partícules sòlides en suspensió (Departament de Medi Ambient i Habitatge, 2005).



Les mostres de sòls superficials contenen material particulat inferior a 10 micres (PM₁₀). A partir del dia 1 de gener de 2005, i segons el Reial decret 1073/2002, de 18 d'octubre, els valors de referència per les PST van quedar derogats i substituïts pel terme PM₁₀. Aquest tipus de partícules són les que poden ser inhalades i absorbides directament als pulmons.

El Departament de Medi Ambient i Habitatge, disposa de sensors automàtics situats a Tortosa que permeten mesurar els nivells de contaminants particulats. Degut a que no es disposava de dades de material particulat en sòls al Tram Alt i al Priorat, es van utilitzar altres dades de zones rurals del Camp de Tarragona (L'Arboç) i Els Torms (Les Garrigues), respectivament, amb característiques similars. Les mitjanes anual d'aquests contaminants en l'estació automàtica de Tortosa (Dades XVPCA, Departament de Medi Ambient i Habitatge 2006), es resumeixen a la **Taula 60**. El RD 1073/2002 estableix que els valors màxims de PTS en aire no han de sobrepassar els 150 µg/m³, i com es pot observar, cap de les concentracions mitjanes anuals va superar els valors legislats.

Taula 59- Mitjana ± DE en les concentracions de metalls en sòls superficials, expressades en mg/kg

	Tram Alt (n=5)	Tram Baix (n=5)	Priorat (n=45)
Al	5.06E+03 ± 1.93E+03	6.56E+03 ± 2.09E+03	7.91E+03 ± 4.13E+03
As	1.27E+01 ± 1.77E+01	7.77E+00 ± 2.56E+00	1.04E+01 ± 4.54E+00
Be	6.89E-01 ± 1.05E+00	4.23E-01 ± 1.06E-01	5.65E-01 ± 1.92E-01
Cd	4.17E-01 ± 7.68E-01	2.74E-01 ± 9.34E-02	2.98E-01 ± 1.96E-01
Cr	2.02E+01 ± 3.00E+01	1.36E+01 ± 3.70E+00	1.72E+01 ± 7.57E+00
Fe	1.38E+04 ± 5.27E+03	1.49E+04 ± 5.51E+03	2.07E+04 ± 9.14E+03
Hg	2.04E+00 ± 6.08E+00	6.84E-02 ± 7.99E-02	5.58E-02 ± 3.56E-02
Mn	4.63E+02 ± 7.03E+02	3.12E+02 ± 9.01E+01	4.06E+02 ± 1.92E+02
Ni	3.15E+01 ± 5.64E+01	1.74E+01 ± 4.46E+00	2.11E+01 ± 8.75E+00
Pb	7.25E+01 ± 1.40E+02	6.66E+01 ± 4.70E+01	1.02E+02 ± 1.64E+02
V	2.28E+01 ± 3.43E+01	1.60E+01 ± 4.98E+00	1.76E+01 ± 5.10E+00
Zn	1.10E+02 ± 1.77E+02	8.29E+01 ± 2.59E+01	9.75E+01 ± 5.05E+01

A la **Figura 53** es pot apreciar com l'exposició estimada d'ingesta de metalls en nens a partir de les partícules de sòls era molt superior a la dels adults (Ing_{soil}). En el cas dels nens, l'exposició presentava valors superiors a la dels adults, degut a que per calcular l'exposició predita es va utilitzar tant el pes com la quantitat estimada d'ingesta diària de sòls (**Taula 13** dels Materials i Mètodes).



Taula 60- Mitjana anual de les concentracions de materials particulats en els diferents estudis i nivell màxim, expressades en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	Els Torms (Les Garrigues)	L'Arboç (Tarragona)	Tortosa	Nivell Màxim RD 1073/2002
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	17	43	36	150

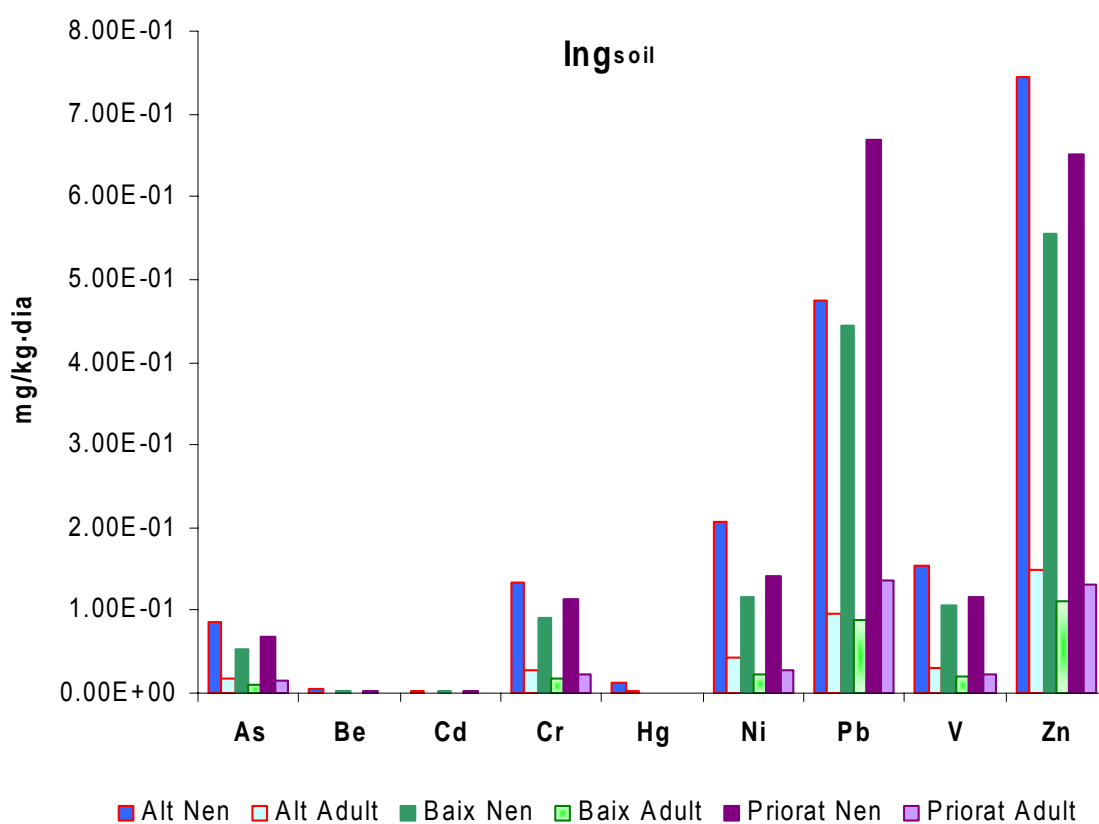


Figura 53- Exposició estimada a metalls per ingesta de partícules de sòls (Ing soils) al Tram Alt i Baix del riu Ebre i al Priorat, per nens i per adults.

Es pot apreciar clarament que els nivells d'Al, Fe i Mn ingerits van ser més alts comparant-los amb la resta dels metalls, tant per nens com per adults (**Taula 61**). Aquests nivells van ser superiors en el Tram Alt amb valors que va oscil·lar entre 0.55 mg/kg·dia de Mn en adults al Priorat fins a i 923.0 mg/kg·dia de Fe en nens al Tram Alt.



Taula 61- Exposició estimada a Al, Fe i Mn per ingesta de partícules de sòls (Ing_{soils}) al Tram Alt (Alt) i Baix del riu Ebre i al Priorat, expressada en mg/kg·dia, per nens i per adults.

	Alt Nen	Alt Adult	Baix Nen	Baix Adult	Priorat Nen	Priorat Adult
Al	3.36E+01	6.74	4.38E+01	8.74	5.28E+01	1.06E+01
Fe	9.23E+01	1.84E+01	9.88E+01	1.98E+01	1.39E+02	2.77E+01
Mn	3.12	6.14E-01	2.07E+00	4.17E-01	2.69E+00	5.48E-01

4.3.2.3- Inhalació de partícules de sòls amb metalls

Les concentracions estimades de metalls que podien ser inhalats a partir de la resuspensió de les partícules de sòls pels diferents grups de població es presenten a la **Taula A8.5** de l'**Annex 8**. Es mostren també els resultats de la mitjana, la mediana, la desviació estàndard i els percentils 10%, 50% i 90% de l'anàlisi de la Variabilitat. Per aquells metalls en què la concentració es va trobar per sota del seu LOD, l'estudi de variabilitat no es va realitzar.

Per tal de calcular la concentració de cada metall inhalat, expressat en mg/(kg·dia), es van tenir en compte les característiques individuals de cada grup de població descrites a la **Taula 13** (Abrahams i col·ls., 2002; Granero i col·ls., 2002; Nadal i col·ls., 2004c, 2005a, Mari i col·ls., 2006, US EPA, 1999; EC, 2003), juntament amb els valors de matèria particulada en aire de la **Taula 60**.

Taula 62- Exposició estimada a Al, Fe i Mn per inhalació de partícules de sòls (Inh_{soils}) al tram alt i baix del riu Ebre i al Priorat, expressada en mg/kg·dia.

	Alt Nen	Alt Adult	Baix Nen	Baix Adult	Priorat Nen	Priorat Adult
Al	1.05E-01	2.07E-02	1.37E-01	2.72E-02	1.65E-01	3.23E-02
Fe	2.88E-01	5.72E-02	3.11E-01	6.15E-02	4.29E-01	8.56E-02
Mn	9.62E-03	1.90E-03	6.53E-03	1.29E-03	8.48E-03	1.67E-03

A la **Figura 54** es representa la concentració predita inhalada per cada grup de població per cadascun dels trams de mostreig (Inh_{soil}). Els valors detectats d'inhalació van ser inferiors en el cas dels adults respecte als nens, tot i que la tendència per ambdós grups de població va ser la mateixa a la de la ingesta de sòls. Es pot apreciar clarament que, de nou, els nivells d'Al, Fe i Mn inhalats van ser més alts comparant-los amb la resta dels



metalls, tant per nens com per adults (**Taula 62**). Aquests nivells van ser inferiors als predits per ingesta de sòls.

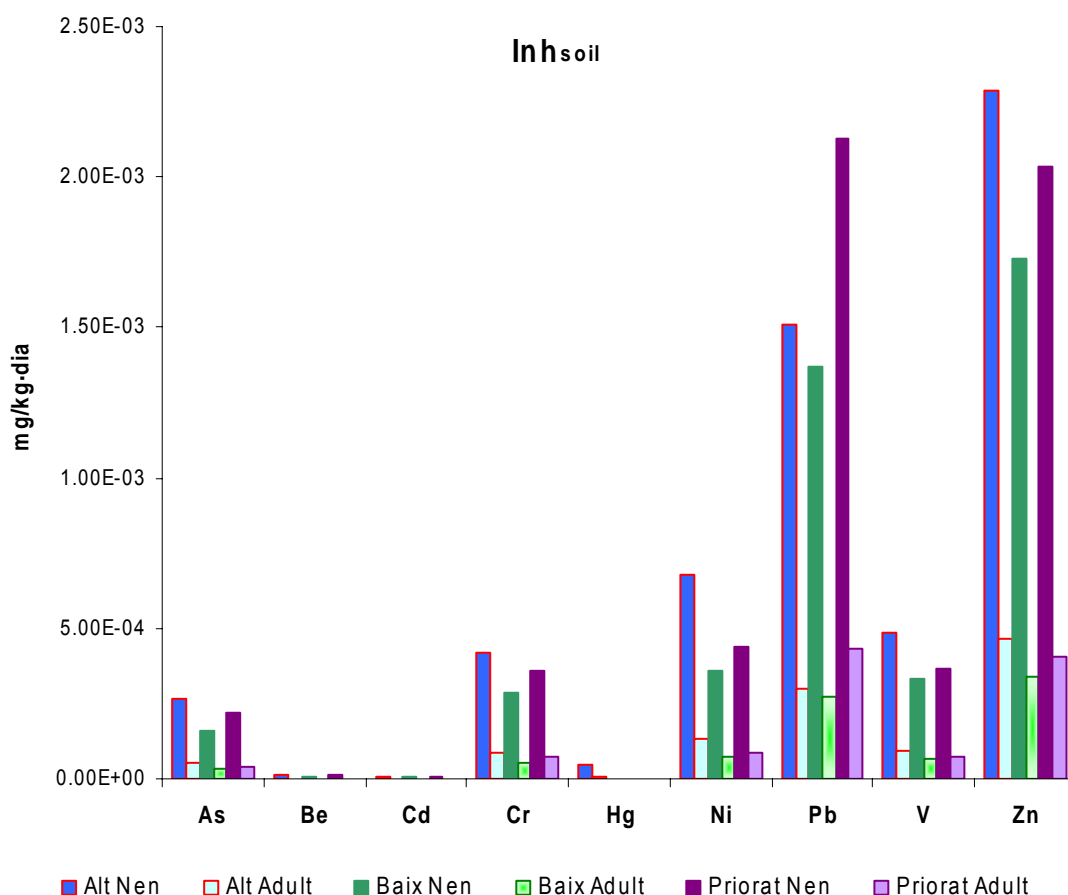


Figura 54- Exposició estimada a metalls per inhalació de partícules de sòls (Inh soils) al Tram Alt i Baix del riu Ebre i al Priorat, per nens i per adults.

4.3.2.4 Absorció dèrmica de metalls dels sòls

Per tal d'avaluar l'exposició per absorció dèrmica de metalls de les partícules de sòls (Der_{soil}), s'han utilitzat també dos grups de població: nens i adults. Les concentracions estimades de metalls que podien ser absorbits dèrmicament a partir de la resuspensió de les partícules de sòls pels diferents grups de població es presenten a la **Taula A8.3 de l'Annex 8**. Es presenten també els resultats de la mitjana, la mediana, la desviació estàndard i els percentils 10%, 50% i 90% de l'anàlisi de la Variabilitat. Per aquells metalls en què la concentració es va trobar per sota del seu LOD, l'estudi de variabilitat no es va realitzar.



A la **Figura 55** es pot apreciar com l'exposició estimada per absorció dèrmica dels metalls del sòl en nens a partir de les partícules de sòl va ser superior a la dels adults. El factor d'absorció dèrmica és característic de cada metall. Per tant, el perfil detectat fins a l'actualitat, i relacionat amb les concentracions i el pes, no va seguir el patró de la ingesta. L'exposició a metalls dels sòls per via dèrmica va ser molt baixa. Alguns investigadors proposen no considerar-la en l'avaluació del risc per a la salut (Granero i Domingo, 2002; Diawara i col·ls., 2006; Jang i col·ls., 2007). En el cas dels nens, l'exposició presentava valors superiors a la dels adults, però totes elles, a excepció de l'Al i el Fe, es van trobar per sota dels $8 \cdot 10^{-6}$ mg/kg·dia.

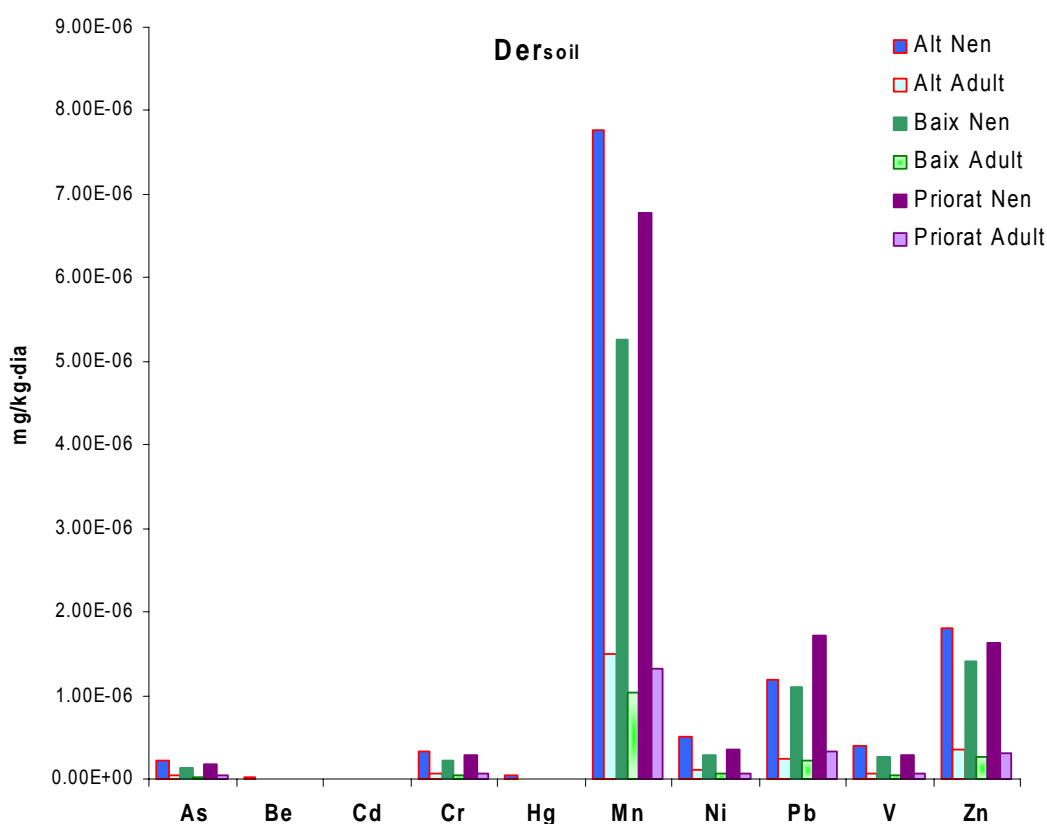


Figura 55- Exposició estimada per absorció dèrmica de metalls dels sòls (Der soil) al Tram Alt i Baix del riu Ebre i al Priorat, per nens i adults.

4.3.3- CARACTERITZACIÓ DEL RISC NO CANCERIGEN PER L'EXPOSICIÓ A METALLS EN L'AIGUA DE CONSUM

Amb la finalitat de comparar l'exposició a través de la ingesta i l'absorció dèrmica de metalls de l'aigua amb la dosi de referència oral (RfD_0) i la dosi de referència dèrmica



(*RfdD*) per cada element, es va calcular el quocient de risc o Hazard Quotient (HQ) per cada metall (US EPA, 2004b). Amb l'estudi de la variabilitat es va obtenir un HQ i la seva variabilitat. Els resultats dels HQ es recullen a les **Taules 63** i **64**. Es presenten numèricament i codis de colors, de manera anàloga a *HRA Metales pesados*. Si els valors de HQ superessin l'1, això ens indicaria que s'ha sobrepassat el criteri toxicològic establert per cada metall, i per tant, s'estimaria que existeix un risc potencial toxicològic per la població, per això els valors es mostren en vermell.

D'altra banda, i atès que l'exposició provindrà de diferents tipus de substàncies i a través de diferents vies, es van agregar els valors de HQ en un valor global, comunament conegut com a **Índex de Risc** (*Hazard Index o HI*). El HI s'expressa com la suma de tots el HQ per una mateixa via d'exposició, normalitzats per la quantitat de metalls que s'han considerat per cada via (US EPA, 2004b; Mari i col·ls., 2007; Ferré-Hugué i col·ls., en premsa).

Es pot observar clarament en la **Taula 63**, que pels trams de mostreig Alt i pel Priorat, la ingesta d'aigua podria suposar un risc potencial de tipus no cancerigen degut a l'As pels nens. En el cas del Priorat, també ho podria ser pels adults (**Taula 64**).

Taula 63- Quocient de risc associat a la ingesta d'aigua en nens pels metalls en els diferents trams d'estudi (EDDw).

	HQ EDDw nens		
	Tram Alt	Tram Baix	Priorat
Al	0.01 ± 0.03	0.01 ± 0.03	0.03 ± 0.03
As	1.26 ± 0.00	0.45 ± 0.00	2.45 ± 0.00
Be	0.00 ±	0.00 ±	0.00 ±
Cd	0.00 ±	0.00 ±	0.04 ± 0.00
Cr Total	0.03 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.39 ± 0.00
Cr III	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Cr VI	0.03 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.39 ± 0.00
Fe	31.65 ± 0.01	42.84 ± 0.01	87.10 ± 0.03
Hg	0.37 ± 0.00	0.48 ± 0.00	0.00 ±
Mn	0.03 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.59 ± 0.09
Ni	0.07 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.13 ± 0.00
Pb	0.04 ± 0.00	0.03 ± 0.00	0.10 ± 0.00
V	0.76 ± 0.00	0.14 ± 0.00	0.34 ± 0.00
Zn	0.05 ± 0.01	0.02 ± 0.00	0.01 ± 0.00
HI EDDw	2.45 ± 0.00	3.15 ± 0.00	6.54 ± 0.01



Taula 64- Quocient de risc associat a la ingesta d'aigua en adults pels metalls en els diferents trams d'estudi (EDDw).

	HQ EDDw adult					
	Tram Alt		Tram Baix		Priorat	
Al	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	0.03	± 0.03
As	0.11	± 0.00	0.44	± 0.00	2.45	± 0.00
Be	0.00	±	0.00	±	0.00	±
Cd	0.00	±	0.00	±	0.04	± 0.00
Cr Total	0.03	± 0.00	0.01	± 0.00	0.39	± 0.00
Cr III	0.00	± 0.01	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00
Cr VI	0.03	± 0.01	0.01	± 0.00	0.39	± 0.00
Fe	31.88	± 0.00	42.73	± 0.01	87.13	± 0.03
Hg	0.38	± 0.00	0.48	± 0.00	0.00	±
Mn	0.03	± 0.00	0.01	± 0.00	0.57	± 0.08
Ni	0.03	± 0.00	0.01	± 0.00	0.13	± 0.00
Pb	0.04	± 0.00	0.03	± 0.00	0.10	± 0.00
V	0.77	± 0.01	0.14	± 0.00	0.34	± 0.00
Zn	0.05	±	0.02	± 0.00	0.01	± 0.00
HI EDDw	2.38	± 0.00	3.14	± 0.00	6.54	± 0.01

A la Índia, fins a l'actualitat s'han efectuat una gran quantitat d'estudis per la contaminació d'As en les aigües de consum. Els nivells detectats van ser 100 vegades superiors als trobats en el present estudi (Chandra Sekhar i col·ls., 2003). Segons l'ATSDR, l'exposició a nivells superiors a la *RfoD* podria produir nàusees i vòmits, una possible disminució del nombre de glòbuls vermells i blancs, un ritme cardíac anormal, fragilitat capil·lar, i una sensació de formigueig a les mans i els peus (ATSDR, 2005d). La ingesta prolongada de nivells baixos d'As inorgànic pot produir enfosquiment de la pell i l'aparició de petits ulls de poll o berrugues a la palma de les mans, la planta dels peus i el tors, coneguts com a queratosi palmo-plantar. Un altre estudi realitzat a Korea, en una zona propera a una antiga mina d'or i plata (Songcheon) va detectar també un possible risc, tant de tipus cancerigen com no cancerigen, per l'excés d'As en les aigües superficials i de consum i en els sòls (Lee i col·ls., 2005).

El HQ del Fe per ingesta d'aigua va ser superat tant per nens com per adults (**Taules 63 i 64**). El Fe té un efecte corrosiu directe sobre les mucoses, podent causar necrosi hemorràgica i/o perforació. Del total del Fe que s'ingereix al dia amb una dieta, només un 5-10% és absorbit (Bidone i col·ls., 2001). S'uneix a receptors de les cèl·lules intestinals del duodè i passa al seu interior per transport actiu. L'absorció fèrrica pot causar disfunció



cel·lular amb acidosi làctica i necrosis (Han i col·ls., 1998). Per la resta dels metalls, tant per nens com per adults, cap dels valors va superar el valor d'1 en cap dels estudis realitzats. L'augment dels HQ de l'As i el Fe per sobre de 1, va suposar que tot i ponderar els resultats, el HI per ingesta d'aigua als diferents trams de mostreig suposés un augment en el risc no cancerigen avaluat (**Taules 63 i 64**).

Pels diferents trams de mostreig, per nens i per adults, l'absorció dèrmica (**Der_w**) no es va considerar com una via de risc no cancerigen addicional. Tots els valors de HQ van propers a zero, així com el HI de la via d'exposició. Per tant, no s'ha de considerar que la presència de tots ells pugui tenir efectes adversos sobre la salut de la població exposada.

4.3.4- CARACTERITZACIÓ DEL RISC NO CANCERIGEN PER L'EXPOSICIÓ A METALLS DELS SÒLS

Les concentracions detectades en els sòls de la **Taula 59** es van comparar amb els nivells de contaminació per sòls de tipus residencial dels Preliminary Remediation Goals (**PRGs**; **Taula 65**). Pel Cr, es va fer la suposició de que un sisena part de crom es trobava en forma de Cr (VI) (Nadal i col·ls., 2004; Mari i col·ls., 2007). Els PRGs són valors límits per damunt dels quals es fa necessària una remediació dels sòls, i per tant, per sota dels quals es suposa que no hi ha perill per a la població resident en l'àrea (Shan i Javandel, 2005). Aquesta comparació (*% Soil Screening Level*) es pot realitzar tant en substàncies de tipus cancerigen ($C_{cancer\ endpoint}$) com no cancerigen ($C_{Non-cancer\ endpoint}$), i s'expressa en forma de percentatge.

Els resultats dels percentatges de risc no-cancerigen calculats a partir de les concentracions mitjanes dels metalls en sòls es presenten a la **Taula 66**. Es va observar que pel Cr (III), el percentatge de comparació es van trobar en un rang del 0.01 a 0.02 %, al Tram Alt i al Tram del Priorat, respectivament. El percentatge en Fe van ser els més alts, oscil·lant entre 58.9% fins a 88.4% al Priorat. Si el percentatge obtingut supera el 100%, això indica que hi ha un risc potencial cap a la salut. Llavors es podrien identificar els nivells d'exposició on es poden trobar efectes adversos a partir de les dades calculades en l'exposició. Segons els resultats de *% Soil Screening Level*, per a metalls classificats per la US EPA, no es produirien efectes de tipus no cancerigen per ingesta, inhalació o absorció dèrmica de metalls en sòls, a excepció de l'As.



La composició química i l'estructura física dels sòls, estan determinades pel tipus de material geològic del qual s'originen, per la coberta vegetal, per la topografia del terreny i pels canvis artificials resultants de les activitats humanes. En termes geològics, l'As és un dels elements que es consideren com a traça en l'escorça terrestre. Les variacions naturals de l'As en sòls varien molt en funció de l'origen geològic, en un rang de 1 a 15 mg/kg. Si l'origen dels sòls són les roques sedimentàries argiloses (pissarres del període quaternari), la concentració natural d'As (100–900 mg/kg) és més alta que en les roques ígnies (composades essencialment per silicats, com ara quarç o feldspats) (O'Neill, 1995). Per tant, com que la zona d'estudi pertany al període quaternari (ICC, 2004), és d'esperar que la composició natural dels sòls contingui alts nivells d'As en forma de minerals sulfurats i sulfatats, molt poc permeables i a la vegada poc biodisponibles (Smith, 1999), i que es superi la concentració proposada en els PRGs. A Bèlgica, un estudi en sòls no contaminats, va trobar concentracions d'As de 7.0 mg/kg (Tack i col·ls., 1997), molt superiors als 0.39 mg/kg d'As en sòls en zones residencials proposat en els PRGs (**Taula 65**). A la **Taula A6.7** de l'**Annex 6**, es pot veure com en general, tots els sòls recollits presentaven concentracions d'As molt superiors a les establertes en les PRGs.

Taula 65- Nivells de contaminació per sòls de tipus residencial dels PRGs expressats en mg/kg (US EPA, 2004).

	C <i>Non-cancer endpoint</i>	C <i>cancer endpoint</i>
Al	7.61E+04	
As	3.90E-01	3.90E-01
Be	1.54E+02	
Cd	3.70E+01	1.7E+00
Cr	2.1E+02	2.11E+02
Cr (VI)	1.00E+05	3.01E+01
Fe	3.01E+02	
Hg	2.35E+04	
Mn	2.35E+01	
Ni	1.76E+03	
Pb	1.56E+03	
V	4.00E+02	
Zn	7.82E+01	

El risc no cancerigen associat a les concentracions d'As en sòls va superar el valor recomanat per la US EPA (**Taula 66**). Els nivells d'As detectats per tots els trams superaven



els valors del “*Non-cancer endpoint*”. El risc no cancerigen associat a aquest element depassava el 100%. Aquest fet ens indicaria que existiria un risc potencial per a la salut de la població resident a les poblacions estudiades per l'As.

Els sòls contenen més formes inorgàniques que orgàniques d'As. Les espècies orgàniques poden ser absorbides i excretades amb major facilitat, i tenen una menor toxicitat (ATSDR, 2005d). Per altra banda, l'origen geoquímic dels sòls fa que l'As es trobi en formes inorgàniques de sulfurs i sulfats molt poc biodisponibles (Mari i col·ls., 2007). Finalment, d'entre les formes inorgàniques presents en els sòls, la relació existent entre els dos estats d'oxidació indica que hi ha presents unes tres vegades més As (V) que no pas As (III) (Smith i col·ls., 1999). Els compostos arsenicals pentavalents són notablement menys tòxics que els trivalents. Els compostos amb As(III) poden afectar a molts sistemes enzimàtics, i per tant alterar el metabolisme en animals i plantes. En canvi, els compostos d'As (V) poden ser excretats ràpidament a través de l'orina (ATSDR, 2005d).

Taula 66- % Soil Screening Level per a metalls no cancerígens (NC).

	% Soil Screening Level NC		
	Tram Alt	Tram Baix	Priorat
Al	6.6	8.6	10.4
As	3257.4	1994.3	2673.5
Be	0.4	0.3	0.4
Cd	1.1	0.7	0.8
Cr	9.6	6.4	8.2
Cr III	0.02	0.01	0.02
Cr VI			
Fe	58.9	63.7	88.4
Hg	8.7	0.3	0.2
Mn	26.3	17.7	23.1
Ni	2.0	1.1	1.3
Pb	18.1	16.6	25.6
V	29.1	20.4	22.5
Zn	28.0	21.2	24.9

Amb la finalitat de comparar el l'exposició a través de la ingesta, la inhalació i l'absorció dèrmica de metalls de les partícules de sòls amb la dosi de referència, oral RfD_0



inhalatòria *RfD_i* i dèrmica *RfD_d*, per cada element es va calcular el HQ per cada metall. De nou, amb l'estudi de la variabilitat es va obtenir un HQ i la seva variabilitat. Els resultats dels HQ, així com del HI per cada via d'exposició es recullen a les **Taules 67 a 70**. De nou es presenten numèricament i amb codis de colors, de manera anàloga a *HRA Metales pesados*. L'exposició predita en nens per ingesta de partícules de sòls (*Ing_{soil}*) va superar a les dosis de referència oral en l'As, el Fe, i el Pb per tots els trams de mostreig, mentre que el Mn al Tram Alt la va superar en gairebé un 36%, i al Priorat en més d'un 87% (**Taula 67**).

Taula 67- Quocient de risc associat a la ingesta de metalls dels sòls (*Ing_{soil}*) en nens pels diferents trams d'estudi. Índex de risc.

HQ Ing soil nen	Tram Alt		Tram Baix		Priorat	
Al	0.67	± 0.00	0.88	± 0.00	0.96	± 0.00
As	5.69	± 0.00	3.47	± 0.00	4.62	± 0.00
Be	0.05	± 0.00	0.03	± 0.00	0.04	± 0.00
Cd	0.11	± 0.00	0.07	± 0.00	0.08	± 0.00
Cr Total	0.89	± 0.00	0.60	± 0.00	0.76	± 0.00
Cr (III)	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00
Cr (VI)	0.89	± 0.00	0.60	± 0.00	0.76	± 0.00
Fe	6152.1	± 0.00	657.2	± 0.00	922.44	± 0.00
Hg	0.92	± 0.00	0.03	± 0.00	0.02	± 0.00
Mn	1.36	± 0.00	0.90	± 0.00	1.87	± 0.00
Ni	0.21	± 0.00	0.12	± 0.00	0.14	± 0.00
Pb	1.90	± 0.00	1.77	± 0.00	2.67	± 0.00
V	0.44	± 0.00	0.30	± 0.00	0.33	± 0.00
Zn	0.48	± 0.00	0.85	± 0.00	0.72	± 0.00
HI Ing soil nen	440.4	± 0.00	47.63	± 0.00	66.77	± 0.00

A la **Taula 68** es recullen els valors dels HQ i HI per ingesta dels metalls que provenen de les partícules de sòls per adults. L'exposició predita només va ser superada en l'As pel Tram Alt i pel Fe en tots els trams de mostreig, amb valors mil vegades superiors. Caldria esperar doncs un augment del risc no cancerigen per aquest metall pesant, i que algun dels adults de la conca catalana del riu Ebre i del Priorat, presentessin alguns dels símptomes dels quadres d'intoxicació descrits per aquest metall i discutits anteriorment en la ingesta d'aigua.

Pel Mn, la majoria dels compostos presents en els sòls no se sap si existeixen diferències en quant a la importància dels efectes adversos que poden produir (ATSDR, 2000c; US EPA 2007). En les seves activitats diàries, els nens estan en contacte amb un



ambient molt diferent al dels adults. Els nens, a vegades ingereixen sòls contaminats amb Mn quan es porten les mans a la boca. Tanmateix, hi ha poca informació sobre la facilitat amb la qual el Mn ingerit pot passar des de l'estómac a la corrent sanguínia i als teixits dels nens si aquests ingereixen sòls (ATSDR, 2000c). Ingerir petites quantitats de sòls amb nivells inferiors a 900 mg/kg no hauria de causar dany a la majoria dels nens saludables a causa de l'estret control que el cos exerceix sobre la quantitat de Mn (ATSDR, 2000). A la **Taula 59** s'han presentat les concentracions de metalls en sòls als diferents trams de mostreig, i el Mn es van trobar molt per sota dels 900 mg/kg. La quantitat de Mn per quilogram de pes que absorbeixen els nens a través dels aliments i de l'aire és diferent a la qual absorbeixen els adults.

Taula 68- Quocient de risc associat a la ingesta de metalls dels sòls (Ing soil) en adults pels diferents trams d'estudi. Índex de risc.

HQ Ing soil Adult	Tram Alt	Tram Baix	Priorat
Al	0.13 ± 0.02	0.17 ± 3.19	0.21 ± 0.01
As	1.13 ± 0.02	0.70 ± 0.00	0.93 ± 0.01
Be	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00
Cd	0.02 ± 0.00	0.01 ± 0.00	0.02 ± 0.00
Cr Total	0.18 ± 0.04	0.12 ± 0.01	0.15 ± 0.01
Cr (III)	0.00 ± 0.01	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Cr (VI)	0.18 ± 0.01	0.12 ± 0.00	0.15 ± 0.00
Fe	1229.60 ± 0.21	1321.90 ± 0.02	1845.54 ± 0.03
Hg	0.17 ± 0.01	0.01 ± 0.00	0.01 ± 0.00
Mn	0.27 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.24 ± 0.03
Ni	0.04 ± 0.08	0.02 ± 0.01	0.03 ± 0.01
Pb	0.38 ± 0.08	0.36 ± 0.07	0.54 ± 0.02
V	0.09 ± 0.04	0.06 ± 0.01	0.07 ± 0.01
Zn	0.05 ± 0.00	0.04 ± 0.00	0.17 ± 0.00
HI Ing soil Adult	88.02 ± 0.11	94.55 ± 0.04	132.15 ± 0.01

A la **Taula 67** es pot veure com per tots els trams de mostreig els HQ pel Pb va superar el valor de 1 en nens. Els efectes del Pb són els mateixos tant si s'ingereix com s'inhala. Pot afectar a gairebé tots els òrgans i sistemes al cos humà, el més sensible és el sistema nerviós, tant en nens com en adults (Diawara i col·ls., 2006). Pot produir alteracions neurològiques (encefalopatia saturnina) més freqüent en nens que en adults. Es manifesta en forma de convulsions, i coma, que pot comportar a la mort en 2-3 dies després d'una



intoxicació aguda. L'exposició prolongada d'adults pot causar un deteriorament en el resultat d'algunes proves que mesuren funcions del sistema nerviós (Schuhmacher i col·ls., 1996). L'exposició Pb també produeix un petit augment de la pressió sanguínia, especialment en persones de mitjana edat i d'edat avançada, i pot causar anèmia. En dones embarassades, l'exposició a nivells alts de Pb pot produir problemes a l'embaràs (Domingo, 1994). En homes, l'exposició a alts nivells pot alterar la producció d'espermatozoides (Agramunt, 2002).

A les **Taules 69 i 70** es recullen els quocient de risc associats a la inhalació de metalls en sòls (Inh_{soil}), en nens i adults pels diferents trams d'estudi, així com l'índex de risc per la via inhalatòria per cada tram de mostreig.

Taula 69- Quocient de risc associat a la inhalació de metalls dels sòls (Inh_{soil}) en nens pels diferents trams d'estudi. Índex de risc.

HQ Inh soil nen	Tram Alt		Tram Baix		Priorat	
Al	0.89	± 0.00	0.86	± 0.00	0.98	± 0.00
As	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00
Be	0.05	± 0.00	0.03	± 0.00	0.04	± 0.00
Cd	0.06	± 0.00	0.04	± 0.00	0.04	± 0.00
Cr Total	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00
Cr III	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00
Cr VI	3.80	± 0.00	2.58	± 0.00	3.24	± 0.00
Fe	0.01	± 0.00	0.01	± 0.00	0.01	± 0.00
Hg	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00
Mn	13.75	± 0.00	9.32	± 0.00	12.12	± 0.00
Ni	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00
Pb	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00
V	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00
Zn	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00	0.00	± 0.00
HI Inh soil nen	1.37	± 0.00	1.00	± 0.00	1.27	± 0.00

Es va detectar que les dosis de referència per inhalació van ser superades pel Cr (VI) i pel Mn, per tots els trams de mostreig tant en nens com en adults. Efectes de tipus no cancerígens, més greus deguts a exposicions a Mn s'observen generalment en persones que l'han inhalat de forma crònica en foneries. Aquests ambients ocupacionals tendeixen a tenir nivells de Mn molt més alts que els que es troben típicament en l'ambient (10-70 ng/m³ en àrees urbanes sense fonts de Mn significatives). Els efectes neurològics greus i



permanents, i els canvis d'estat emocional que s'han observat en estudis de treballadors no s'han descrit en nens (Herrero Hernandez i col·ls., 2006). Els treballadors que han experimentat exposició excessiva a partícules de Mn en l'aire han patit seriosos canvis d'estat emocional caracteritzats per la falta de l'expressió de les seves emocions i expressions facials (Kakkar i Jaffery, 2005).

Taula 70- Quocient de risc associat a la inhalació de metalls dels sòls en adults pels diferents trams d'estudi. Índex de risc.

Inh soil adult	Tram Alt	Tram Baix	Priorat
Al	0.75 ± 0.01	0.41 ± 0.01	0.90 ± 0.02
As	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Be	0.50 ± 0.00	0.31 ± 0.00	0.41 ± 0.00
Cd	0.61 ± 0.00	0.40 ± 0.00	0.43 ± 0.00
Cr Total	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Cr III	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Cr VI	37.84 ± 0.00	25.44 ± 0.00	32.18 ± 0.00
Fe	0.06 ± 0.03	0.06 ± 0.03	0.09 ± 0.05
Hg	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Mn	135.41 ± 0.00	92.21 ± 0.00	119.49 ± 0.00
Ni	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Pb	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
V	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
Zn	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00	0.00 ± 0.00
HI via	13.51 ± 0.00	9.84 ± 0.00	12.55 ± 0.01

Els miners o els treballadors en la indústria de l'acer solen estar exposats a altes concentracions de pols de Mn. S'han descrit en diferents estudis els símptomes de *manganisme* quan estan exposats a alts nivells de pols de Mn en l'aire. Els treballadors generalment no desenvolupen símptomes de manganisme tret de que hagin estat exposats durant mesos o anys (Kakkar i Jaffery, 2005). Poden patir alteracions mentals i emocionals, i els seus moviments poden fer-se lents i mancats de coordinació. Alguns dels símptomes del manganisme poden millorar temporalment amb certs tractaments mèdics (Herrero Hernandez i col·ls., 2002; 2006).

Els compostos de crom hexavalents s'absorbeixen per via digestiva, cutània i respiratòria. Penetren amb facilitat a l'interior dels eritròcits, combinant-se amb l'hemoglobina, reduint-se posteriorment a estat trivalent (Kakkar i Jaffery, 2005). En aquesta forma és quan presenten una gran afinitat per les proteïnes plasmàtiques, principalment la



transferrina. La majoria dels estudis que descriuen els efectes del Cr (VI) inhalat són de tipus ocupacional (Proctor i col·ls., 2002). Respirar nivells alts de Cr (VI) pot causar irritació nasal i de les mucoses, hemorràgies nasals, i úlceres i perforacions en el septe nasal. La principal via d'eliminació és la renal (80%) (Rowbotham i col·ls., 2000; Woodruff i col·ls., 2000; Proctor i col·ls., 2002).

Finalment, els quocient de risc associats a l'absorció dèrmica de metalls dels sòls en nens i adults pels diferents trams d'estudi (HQ), així com l'índex de risc per la via dèrmica per cada tram de mostreig (HI) van ser molt propers a zero. Pels diferents trams de mostreig, per nens i per adults, l'absorció dèrmica de metalls dels sòls (Der_{soil}), no es va considerar com una via de risc no cancerigen addicional. Per tant no s'ha de considerar que la presència de tots ells pugui tenir efectes adversos sobre la salut de la població exposada.

4.3.5- CARACTERITZACIÓ DEL RISC AMBIENTAL CANCERIGEN PER L'EXPOSICIÓ A METALLS EN L'AIGUA DE CONSUM I DE LES PARTÍCULES DE SÒLS

La IARC denomina un agent cancerigen com qualsevol agent físic, químic o biològic que és capaç d'originar càncer en l'organisme. La Unió Europea defineix com a agents cancerígens a aquelles substàncies i preparats que per inhalació, ingesta o penetració cutània poden produir càncer o augment de la seva freqüència (EC, 2003). D'entre els metalls, la IARC només classifica com a cancerígens per inhalació, absorció dèrmica i ingesta a l'As, mentre que per inhalació, inclou també al Cd, al Cr total i a la fracció més cancerígena de Cr(VI). El Be també s'ha considerat com a metall cancerigen per absorció dèrmica (**Taula 14**).

Pels metalls cancerígens, el risc s'ha calculat per dos grups de població i pels diferents trams de mostreig l'estudi. El risc cancerigen s'ha definit com la probabilitat de que un individu desenvolupi un càncer al llarg de la seva vida, com a resultat de l'exposició (Meneses, 2002). Les potències cancerígenes associades a la inhalació o a la ingesta de partícules de pols es van determinar en base a una exposició continuada durant 70 anys, fixats com a potencial esperança de vida, considerant que el risc associat era degut a l'exposició mitjana predita per cada metall. En el cas dels nens va ser de 6 anys, i en el cas dels adults de 30 anys, aplicant també el factor de risc cancerigen assignat per la US EPA (2004b) (Cancer Slope Factor, PRGs). A la **Figura 56** es presenten els resultats de la



potència cancerígena o risc cancerigen (RC), associats als diferents metalls potencialment cancerígens per ingesta (EDD_w) i absorció dèrmica (Der_w) dels metalls de l'aigua.

Segons la US EPA (2004b), valors de risc entre 10^{-6} i 10^{-4} poden ser considerats com a assumibles per part de la població, tot i que poden augmentar lleugerament la incidència del nombre de càncers que es detectarien hipotèticament en la població que consumeix aigua a la conca catalana del riu Ebre i el Priorat. El màxim risc acceptat és 10^{-4} (línia vermella puntejada de la **Figura 56**). Aquest valor va ser superat en tots els estudis pels nens, i al Priorat pels adults en la ingesta d'aigua.

Amb l'anàlisi de la variabilitat de Monte Carlo per la **ingesta d'aigua** (RC EDD_w), pels **adults** del Tram Alt, els risc cancerigen calculat van ser $3.10 \cdot 10^{-2} \pm 3.43 \cdot 10^{-2}$, el que podria suposar un augment de 3.10 ± 3.45 casos de càncer per cada 100 habitants, deguts a la presència d'As inorgànic en l'aigua. Pel Tram Baix del riu Ebre, el risc cancerígen calculat van ser $1.11 \cdot 10^{-2} \pm 1.08 \cdot 10^{-2}$, el que podria suposar un augment de 1.1 ± 1.08 casos de càncer per cada 100 habitants. Finalment, al Priorat el valor calculat pel risc cancerigen van ser $6.02 \cdot 10^{-2} \pm 5.07 \cdot 10^{-2}$, el que podria suposar un augment de 6.02 ± 5.07 casos de càncer per cada 100 habitants. Per **nens**, al Tram alt el risc cancerígen calculat van ser $1.94 \cdot 10^{-1} \pm 2.93 \cdot 10^{-1}$. Pel Tram Baix del riu Ebre, el risc cancerígen calculat va ser $6.88 \cdot 10^{-2} \pm 8.41 \cdot 10^{-2}$. Finalment, al Priorat, el valor calculat pel risc cancerigen va ser $3.76 \cdot 10^{-1} \pm 4.51 \cdot 10^{-1}$.

Per l'**absorció dèrmica** de metalls (RC Der_w), pels **nens** del Tram Alt el risc cancerígen avaluat va ser de $1.11 \cdot 10^{-3} \pm 1.49 \cdot 10^{-3}$, pel Tram Baix van ser $1.01 \cdot 10^{-3} \pm 1.10 \cdot 10^{-3}$, i finalment al Priorat el valor calculat pel risc cancerigen van ser $2.26 \cdot 10^{-3} \pm 2.13 \cdot 10^{-3}$, el que podria suposar en general un augment dels casos de càncer de 1.01 a 2.26 per cada 1000 nens.

En l'avaluació del risc total per exposició a aigua degut principalment a la presència d'As i en menor mesura de Be, l'increment potencial del nombre de casos de càncer seria superior al Priorat amb un rang de 4.02 càncers addicionals per cada 100 habitants adults i 2.05 per cada 10 habitants. En aquest estudi, s'ha considerat que tot l'As present en les aigües era de tipus inorgànic. Caldria determinar exclusivament l'As inorgànic, i les seves espècies As(III) i As(V) i repetir l'avaluació del risc de tipus cancerigen. Diferents investigadors han proposat mesures similars (Chandra Sekhar i col·ls., 2003; Tamasi i Cini, 2004).

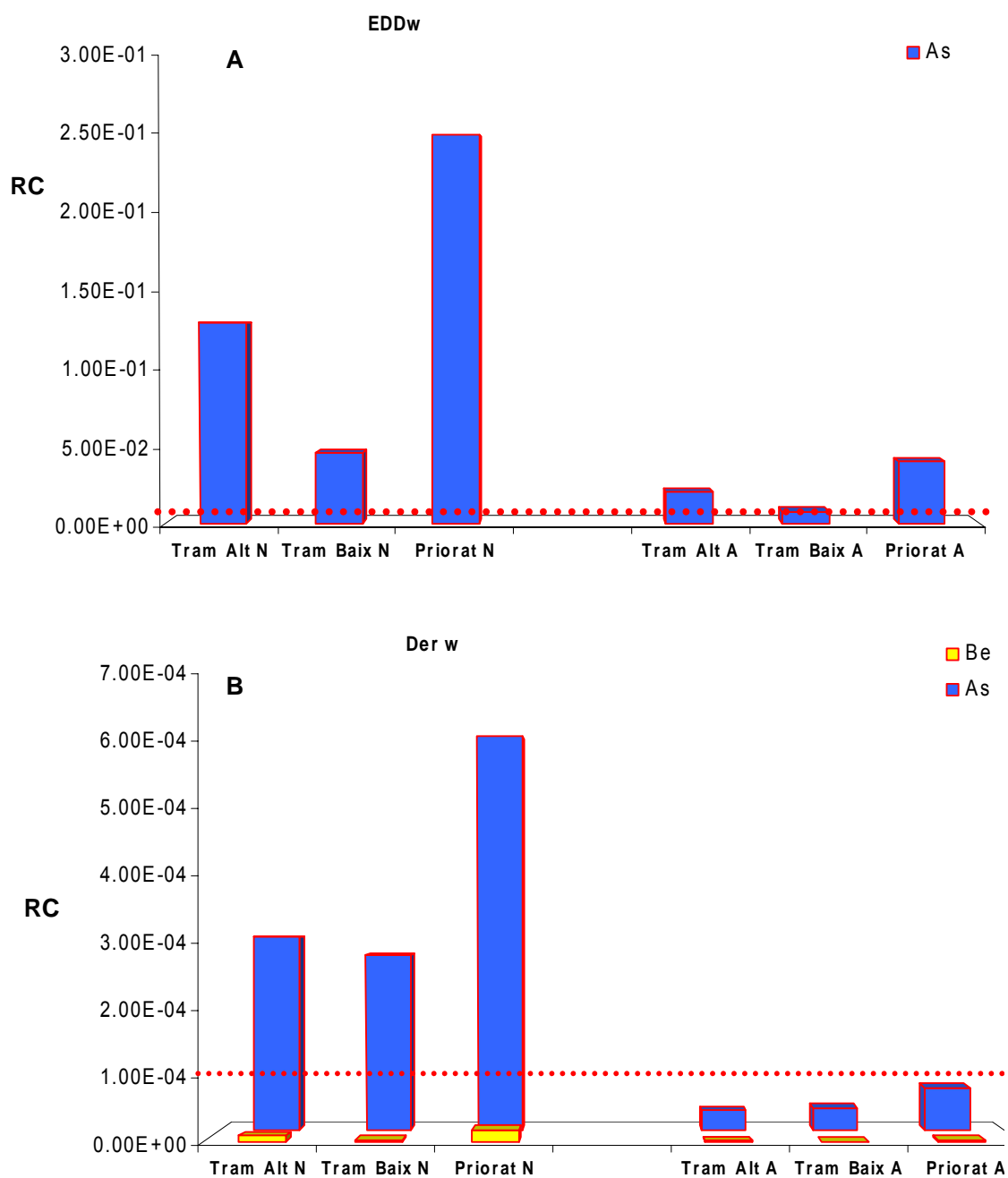


Figura 56- Riscs cancerígens (RC) associats a la ingesta (EDDw, A) i absorció dèrmica (Derw, B) d'aigua en els diferents trams de mostreig, per nens (N) i adults (A).

Les concentracions detectades en els sòls de la **Taula 59** es van comparar amb els nivells de contaminació per sòls de tipus residencial dels PRGs (**Taula 65**). Pel Cr, es va fer la suposició de que un sisena part de crom es trobava en forma de Cr (VI) (Nadal i col·ls.,



2004b; Mari i col·ls., 2007). El % *Soil Screening Level* es va realitzar per les substàncies de tipus cancerigen i s'expressa en forma de percentatge a la **Taula 71**. Els *PRGs* proposen exclusivament tres metalls com a cancerigens, per ingesta de partícules de sòls. El percentatge de risc cancerigen calculat, comparat amb el valor de *Cancer Endpoint* que poden suposar mortalitat o incidència cancerígena, segons la US EPA (2004c) es representen a la **Figura 57**.

Taula 71- Percentatge de risc cancerigen pels metalls en els diferents estudis.

%	Tram Alt	Tram Baix	Priorat
As	3257.4	1994.3	2673.5
Cd	24.89	16.35	17.77
Cr	9.59	6.45	8.16
Cr VI	402.76	270.81	342.79

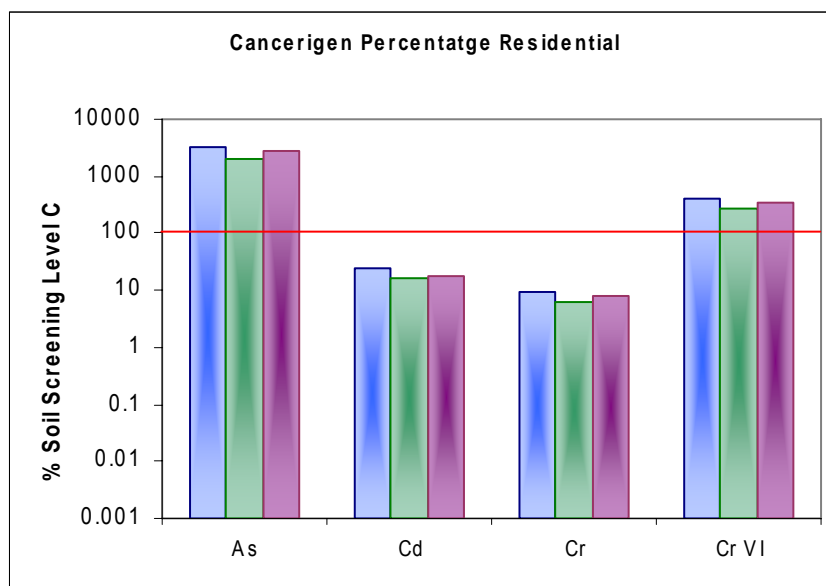


Figura 57- Percentatge de risc cancerigen per l'As, el Cd i el Cr en els diferents estudis. Tram Alt en blau, Tram baix en verd i Tram del Priorat en lila.

Es pot observar clarament a la **Figura 57**, que l'As i el Cr (VI) van superar el 100% degut als baixos nivells de concentració d'As permissibles establerts per la US EPA. Pel Cd i Cr total, els valors es van trobar molt per sota del 100%. En el cas del Cd, es va observar un lleuger augment en el percentatge de risc cancerigen en el Tram alt del riu Ebre, però en cap cas es va superar el 26%. El percentatge de risc pel Cr total (**Figura 57**) es va trobar molt per sota del 10% en tots els estudis.



A la **Taula 72** es presenten els resultats de la potència cancerígena o risc cancerigen, associats als diferents metalls potencialment cancerígens per ingesta, inhalació de partícules de sòls, i absorció dèrmica dels metalls dels sòls. De forma anàloga al programa *HRA Metales pesados*, els resultats es presenten en el següent codi de colors :

- Si el valor resultant és **inferior a 10^{-6}** , es considera que no existeix risc potencial per a la població, i es marca amb fons verd.
- Si aquest es troba en un rang entre **10^{-6} i 10^{-4}** , el risc potencial pot ser assumible, però es recomana realitzar accions correctores per reduir el possible risc associat, i es marca amb fons carbassa.
- Si és **superior a 10^{-4}** , el risc potencial no pot ser assumible, i això pot suposar un augment del nombre de càncers potencials associats a l'exposició ambiental. Es marca en color vermell.

Segons la US EPA (2004c), valors de risc entre 10^{-6} i 10^{-4} poden ser considerats com a assumibles, tot i que poden augmentar lleugerament la incidència del nombre de càncers que es detectarien hipotèticament en la població que habita a la conca catalana del riu Ebre i al Priorat. Els valors establerts per la US EPA corresponen a zones residencials, i per tant amb uns nivells menors de contaminació per metalls pesants que en zones industrials (USA EPA, 2005). El màxim risc acceptat és 10^{-6} , valor que ha estat superat en tots els estudis per l'As en la ingesta de partícules de sòls, tant per nens com per adults, i per l'As inhalat en nens. El Cd inhalat al Priorat, ha superat també lleugerament els valors considerats com a assumibles per part de la població. El Cr total al Tram Alt i Baix i el Cr (VI) inhalat han sobrepassat el nivell de seguretat de 10^{-4} .

Pel Cr, els valors de risc que es presenten a la **Taula 72**, corresponen a totes les formes químiques cromades. Només el Cr(VI) es considerat com a cancerigen per part de la IARC, i es suposa que una sisena part del Cr detectat en sòls es troben en la forma cancerígena. Per tant, el risc associat disminuiria, i es situaria en la zona del risc assumible, tant pels dos grups de població, com pels diferents estudis. Es pot observar que els valors de risc cancerigen associats a la inhalació són molt inferiors als de la ingesta de partícules de pols, i que l'absorció dèrmica no suposa un risc addicional cancerigen.



Taula 72- Risc cancerigen associats a la inhalació (Inh_{soil}), absorció dèrmica (Der_{soil}), i a la ingesta de partícules de pols (Ing_{soil}), en els diferents estudis. (N: nen; A: Adult).

	Ingesta (Ing_{soil})	Absorció dèrmica (Der_{soil})	
	As	As	Be
Tram Alt N	6.41E-01	2.49E-09	4.58E-12
Tram Baix N	3.83E-01	1.51E-09	2.71E-12
Priorat N	5.14E-01	2.00E-09	3.67E-12
Tram Alt A	6.89E-02	5.89E-08	1.07E-10
Tram Baix A	4.05E-02	3.53E-08	6.42E-11
Priorat A	5.37E-02	4.66E-08	8.53E-11

	Inhalació (Inh_{soil})			
	As	Cd	Cr	Cr (VI)
Tram Alt N	6.86E-04	1.92E-05	8.81E-06	2.88E-03
Tram Baix N	2.96E-03	8.85E-05	4.34E-05	1.45E-02
Priorat N	3.92E-03	1.21E-04	4.84E-05	3.90E-03
Tram Alt A	1.05E-04	3.26E-06	1.60E-04	2.67E-05
Tram Baix A	6.02E-05	2.14E-06	1.07E-04	1.79E-05
Priorat A	7.96E-05	2.32E-06	2.88E-05	2.28E-05

En general, es pot observar que el risc associat als diferents metalls cancerígens va ser similar en els diferents estudis. Els valors corresponents a adults van ser inferiors als factors de risc associats a la ingesta i inhalació de sòls dels nens. La presència d'As i Cr, i en el cas del Priorat el Cd, poden augmentar hipotèticament el nombre de càncers en la població resident. Aquest risc no pot considerar-se com a assumible segons els estàndards internacionals. Caldria determinar l'especiació de l'As (orgànic i inorgànic, As(III) i As(V)) i del Cr. S'ha partit de la suposició de que tot l'As detectat en sòls era As inorgànic, i que la relació entre el Cr total analitzat i el Cr (VI) era de 1 a 6 (Granero i Domingo, 2002; Diawara i col·ls., 2006; Overesch i col·ls., 2007). Amb els resultats de l'especiació, s'hauria de tornar a avaluar el risc i la variabilitat associada a aquest risc. S'ha utilitzat la hipòtesi de pitjor escenari pels sòls i per l'aigua, i els resultats obtinguts pel risc cancerigen, deguts a les altes concentracions d'As total i Cr total detectades en els sòls i en l'aigua no poden ser considerades com a assumibles per part de la població segons els estàndards internacionals.



4.3.6- AVALUACIÓ DEL RISC PER A LA POBLACIÓ AMB L'APLICACIÓ HRA METALES PESADOS

Utilitzant les dades de les **Taules 58** de metalls en aigua de consum i la **Taula 60** de sòls, es va aplicar el programa **HRA Metales Pesados** que s'ha facilitat amb la Tesi, juntament amb el seu manual d'usuari. Pels nens, es va suposar un pes de 15 kg i una edat de 6 anys, mentre que pels adults es va considerar un home de 77 kg de pes corporal i 30 anys d'edat. Les principals diferències entre l'avaluació del risc realitzada per **HRA Metales Pesados** i la del present estudi (**Taula 13**), es recullen en la **Taula 73**. L'aplicació assumeix que un adolescent de més de 16 anys ha de ser considerat com un adult.

Taula 73- Característiques diferencials entre els grups de població avaluats pel programa.

	Dades generals		EDD _w		Der _w			
	BW Kg	T anys	DI _w (L/dia)	EF dies/an y	SA cm ²	ET h/dia	EF dies/an y	ED any
Nen	15	6	0.41	365	6600	0.33	350	0.08
Home	78	30	1.02	365	18000	0.25	350	0.47
	Ing_{soil}		% Ing_{soil}		VI			
	mg sòls/dia				m³/dia			
Nen	200		50		10			
Home	50		50		20			

BW: pes corporal; **T:** temps d'exposició; **DI_w:** ingesta diària d'aigua; **EF:** freqüència d'exposició; **SA:** superfície exposada; **ET:** temps del bany; **ED:** temps anual al bany; **Ing_{soil}:** ingesta diària de sòls; **VI:** volum d'inhalació diària.

Les vies d'exposició que es contemplen a l'aplicació són: l'aire respirat, la ingesta i l'absorció cutània (dutxa/bany) de metalls de l'aigua, i finalment la ingesta, absorció dèrmica i inhalació de partícules de pols que provenen dels sòls potencialment contaminats. El programa, a diferència de l'avaluació utilitzada en aquesta tesi, inclou la possibilitat d'avaluar el risc per la presència d'As, Cd, Ni i Pb en aire segons la Directiva 2004/107/CEE i el RD 173/2002 (BOE, 2002; DOCE, 2005).



Amb la finalitat de comparar els resultats de les dues avaluacions del risc per la salut humana, es van utilitzar com a valors de referència els obtinguts en el present estudi, i es van comparar seguint la metodologia del HQ. Pel risc de tipus no cancerigen, els resultats obtinguts per l'aplicació van ser lleugerament superiors als de la Tesi, degut principalment a la que es va considerar que els individus ingerien aigua els 365 dies de l'any, a diferència dels 350 proposats per Smith i col·ls (1994). En el càlcul de Der_w , es va suposar un temps d'exposició en el bany superior, de 0.33 h per nens i 0.25h per adults. En l'avaluació del risc no cancerigen, per ingesta, inhalació i absorció dèrmica de metalls, no es van detectar diferències significatives entre els resultats obtinguts en el present estudi i els de *HRA Metales pesados* (Figura 58).

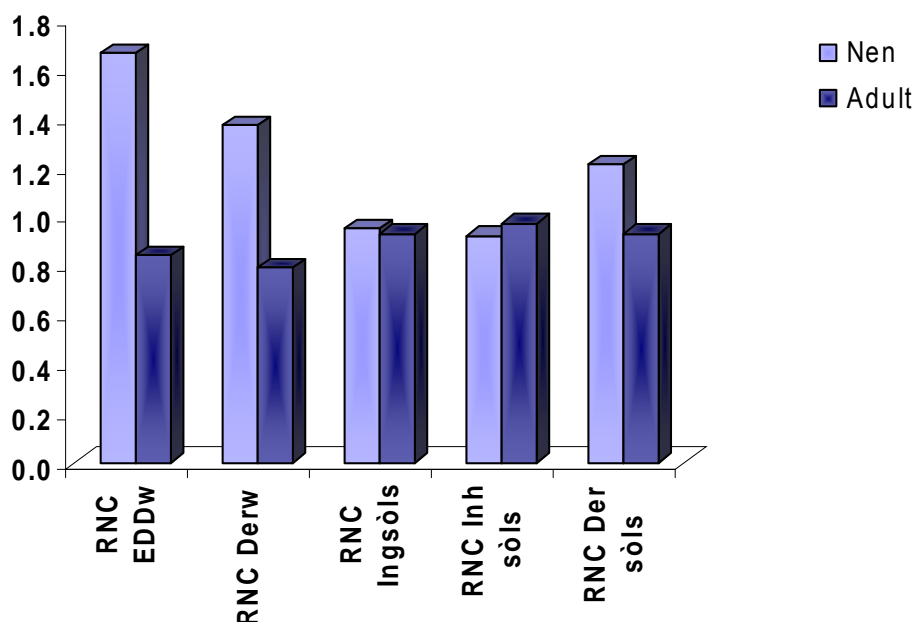


Figura 58- Comparació dels resultats del present estudi amb l'aplicació informàtica *HRA Metales pesados* pel risc ambiental no cancerigen (RNC).

Les principals variacions per les avaluacions del risc de tipus cancerigen van ser degudes a les diferències en els temps d'exposició (Figura 59). En l'aplicació, per un adult es va suposar una exposició de 30 anys, mentre que per un nen, l'exposició es va situar en 6 anys. Smith i col·laboradors (1994) van proposar per adults exposicions de tipus lognormal de 11.60 anys de mitjana amb una desviació estàndard de 13.72 anys, mentre que pels nens, l'exposició es situava entre 6 i 13.72 anys (Taula 13). De nou, en el càlcul de Der_w , es va suposar un temps d'exposició en el bany superior en l'Aplicació al utilitzat en la Tesi.



En l'avaluació del risc cancerigen, per ingesta, inhalació i absorció dèrmica de metalls, no es van detectar diferències importants entre els resultats obtinguts en la Tesi i els de *HRA Metales pesados*. La inhalació va presentar valors inferiors a les diferències entre les velocitats o ritmes de respiració, que per l'Aplicació van ser de 10 i 20 m³ /dia per nens i adults, respectivament, mentre que per la Tesi es va utilitzar una distribució uniforme amb un rang entre 5.04 i 17.76 m³ /dia, que no diferenciava entre adults i nens.

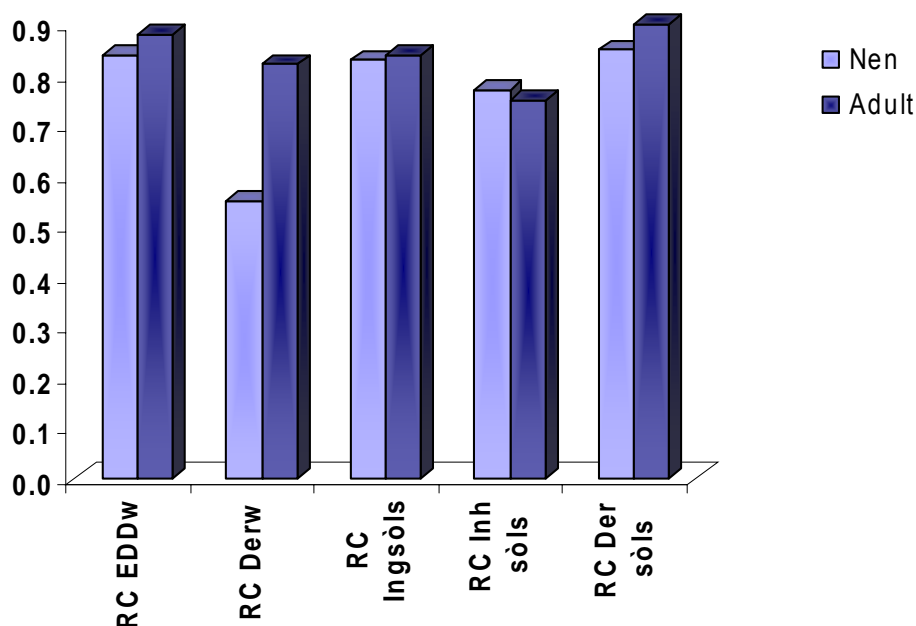


Figura 59- Comparació dels resultats de la Tesi amb l'aplicació informàtica *HRA Metales pesados* pel risc ambiental cancerigen (RC).

En general, l'ajust de l'Aplicació *HRA Metales Pesados* amb l'avaluació del risc desenvolupada en aquesta Tesi és acceptable, i suposa un estalvi important de temps a l'hora de realitzar-la. Per altra banda, *HRA Metales Pesados* no inclou la variabilitat, i suposa que un individu sempre resideix a la mateixa zona i consumeix aigua amb les mateixes concentracions de metalls. L'avaluació del risc no cancerigen seria comparable per totes les vies d'exposició en prop del 90% en adults, mentre que per nens, el programa sobrevalora els valors amb una mitjana del 20%. En l'avaluació del risc cancerigen ambiental, aproximadament, els resultats s'ajustarien en gairebé el 80%, tot i que l'Aplicació extrapolaria els resultats d'un individu a un gran grup de població. *HRA Metales Pesados* es va dissenyar pensant en usuaris amb coneixements mínims sobre avaluació del risc, pels quals, els resultats presentats per l'aplicació s'haurien de considerar com a vàlids i fiables.



4.4– AVALUACIÓ DE RISCOS SOBRE L'ECOSISTEMA PER EXPOSICIÓ AMBIENTAL A METALLS

Els metalls, es detecten a concentracions més altes en els sediments que no pas en la biota o l'aigua fluvial (Hudson-Edwards i col·ls., 2005). Ho fan de forma variable durant el curs del riu i es troben clarament correlacionats amb els sòls de la zona de ribera i amb les fonts puntuals de contaminació de metalls (Ramos i col·ls., 1999; Munk i Faure, 2004; Chandra Sekhar i col·ls., 2005; Holemman i col·ls., 2005). La naturalesa de les concentracions de metalls acostuma a venir donada per les partícules que han sedimentat, i que provenen principalment de l'erosió dels sòls de ribera, del transport de material particulat a partir dels seus afluents, considerades com a fonts naturals, però també d'abocaments d'origen antropogènic (Luque i col·ls., 2003; Sadiq i col·ls., 2003; Caeiro i col·ls., 2005).

Per tal d'avaluar el risc per l'ecosistema, es van prendre mostres d'aigua fluvial, sediments i biota aquàtica al llarg de la conca catalana del riu Ebre i els seus afluents i es va dividir la conca en 6 trams de mostreig. Pel tram fluvial del riu Ebre es van prendre les mostres durant els mesos de Març del 21005 i 2006, i es va calcular la mitjana de les concentracions per cada tram. Pel Priorat, les diferents matrius es van prendre durant l'any 2006 (gener, abril, octubre) i el 2007 (gener i abril), i de nou, es va calcular la mitjana per cada tipus de mostra amb totes les dades obtingudes en l'estudi.

4.4.1- FACTOR D'ACUMULACIÓ (AF) AIGUA BIOTA

Els factors d'acumulació (AF) són un mètode per estimar les càrregues de cada metall en la biota. S'utilitza un càlcul de l'acumulació dels metalls en la biota fluvial a partir de les partícules en suspensió de l'aigua (Kominkova i Benesova, 2004). Les concentracions de metalls en biota fluvial xantofil·la als trams fluvials del riu Ebre es presenten en l'**Annex 7**, mentre que els nivells de metalls en les partícules en suspensió es recullen en l'**Annex 4** (calculades a partir de les diferències entre les concentracions d'aigua i aigua filtrada dels **Annexes 2 i 3**). A la **Taula 74** es mostren les mitjanes dels AF per trams de mostreig durant el 2005 i 2006, als trams fluvials del riu Ebre (1-4 i 6) i pel Priorat, al **Tram 5**.



Taula 74- Factors d'acumulació (AF) de metalls en biota a partir de les concentracions mitjanes en l'aigua durant l'any 2005 a 2007.

	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
Tram 1	431.2	4.3	20.8	7.2	4.3	26.4	11.5	11.5	770.4	1.0
Tram 2	460.3	23.3	647.8	7.4	4.7	49.9	13.4	6.6	817.7	4.9
Tram 3	4267.9	36.9	865.0	7.7	19.9	53.3	44.6	68.7	1627.5	6.3
Tram 4	1531.2	45.2	40.3	7.2	29.1	67.1	31.8	90.0	1613.3	4.1
Tram 5	2308.5	91.8	3061.5	4.7	25.9	125.1	103.8	27.5	1016.9	0.5
Tram 6	99.8	10.7	21.9	3.3	4.1	6.1	2.4	3.5	665.5	1.0

	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
Tram 1	380.8	1.0	17.0	128.6	55.0	11.8	0.1	0.6	0.9	9.0
Tram 2	644.2	0.7	18.7	104.2	57.1	17.6	1.0	0.5	6.8	22.5
Tram 3	2610.7	2.9	32.6	273.1	61.7	24.1	1.6	0.9	10.1	148.4
Tram 4	283.8	3.9	59.0	161.7	73.7	16.5	0.5	0.6	48.0	137.6
Tram 5	3300.8	15.3	45.9	2296.9	3.8	1.0	2.8	1.0	32.1	67.3
Tram 6	42.1	0.2	1.2	9.7	10.4	8.0	0.1	0.2	5.3	3.5

Per la majoria dels metalls, a excepció de l'Sn, Tl i Mo, al **Tram 6**, els AF van presentar valors clarament superiors a 1. Per tant els metalls tendien a bioacumular amb més facilitat en la biota i en el fitoplàncton. Al **Tram 4**, degut a l'efecte de la falca salina en els punts de mostreig de Pont de Moros i el Garxal, les concentracions de metalls en aigua van disminuir lleugerament, o bé es van trobar interferits per la presència de clorurs. Diferents investigadors han avaluat el risc per a la biota fluvial i els organismes que formen part de la base de la cadena alimentària de peixos. Kominkova i Benesova (2004) van estudiar algues unides a sediments, larves i diferents tipus de macròfits, que davant altes concentracions d'oligoelements com l'Al, el Fe, el Mn o el Zn i de metalls pesants: Pb, Cd i As, les bioacumulaven fins a duplicar gairebé la concentració trobada en els sediments. Tot i que els AFs són uns factors molt utilitzats, la majoria de les vegades es solen referir al fitoplàncton (Samecka-Cymerman i Kempers, 2001). Els factors d'acumulació de metalls en biota, en alguns estudis han estat utilitzats per a estimar les possibles concentracions en plantes aquàtiques bioacumuladores (Loredo i col·ls., 2006).



4.4.2- FACTOR D'ACUMULACIÓ SEDIMENT BIOTA (BSAF)

Els factors d'acumulació sediment biota (BSFA) s'utilitzen com a metodologia per estimar si els metalls que provenen dels sediments es troben en forma biodisponible, i per tant s'acumulen en els organismes (Samecka-Cymerman i Kempers, 1999; , 2001; Kominkova i Benesova, 2004). Per altra banda, la composició dels sediments acostuma a ser tant del dipòsit de partícules en suspensió com de biota fotoplactònica que es diposita sobre la llera del riu una vegada morta, i que pot bioacumular una gran quantitat de metalls (Factor AF). D'entre tots els trams de mostreig, el Tram fluvial del riu Ebre va ser el que va presentar majors acumulacions en biota unida als sediments, destacant les bioacumulacions en Pb i Fe a Bellmunt del Priorat i Masroig. A la **Figura 60** es representen els BSAF per les poblacions de La Vilella i Margalef, al Priorat, i utilitzades com a blanc, amb valors de BSAF inferiors a 1 per l'As, el Cd, el Cr, el Cu, el Hg, el Ni, el Pb i el Zn.

A Riba-Roja, els BSFA pel Ni i pel Cr van ser superiors a 1, degut principalment a que els nivells d'aquest metalls van ser inferiors en els sediments que a la biota. Tal i com es recull en la **Taula 74**, la tendència de la biota en el **Tram 1** és a absorbir i acumular els metalls de l'aigua fluvial. A partir de Flix i aigües avall fins a Móra d'Ebre, els BSFA pel Hg i el Pb incrementen el seu valor fins a situar-se proper a 25. Per tant, el Hg, el Pb, el Cr, i el Ni en menor mesura es poden bioacumular en la biota, i per tant es troben en la fase més soluble o biodisponible. L'augment de les concentracions d'aquest metalls en biota podria produir canvis importants en l'estructura de la comunitat ecològica, ja que aquesta acumulació podria arribar a ser tòxica pels membres de la base de la xarxa tròfica, i per tant afectar als membres superiors i a la llarga alterar tot l'ecosistema (Chapman i col·ls., 1998).

Des dels anys 90, s'han realitzat estudis per determinar la presència de metalls en els sediments fluvials del riu Ebre (Schuhmacher i col·ls., 1993; 1995; Ramos i col·ls., 1999b) i en les comunitats fluvials del riu (Ruiz i Llorente, 1991; Terrado i col·ls., 2006; van Beusekom i col·ls., 2006). La mitjana de concentracions de Cd en els sediments va ser propera a 0.20 mg/kg, i superior a l'establerta com a llindar ecològic (Ramos i col·ls., 1999), per tant pot existir una contaminació significativa per aquest metall, que probablement tingués el seu origen a l'embassament de Flix. Les concentracions de Hg en sediments, van patir un creixement important des de 1995-99. En els estudis del 2005 van mostrar valors elevats, a Flix i Xerta. Durant el 2006, es va notar un augment de les concentracions d'aquest metall a Flix, a Ascó i a Garcia.

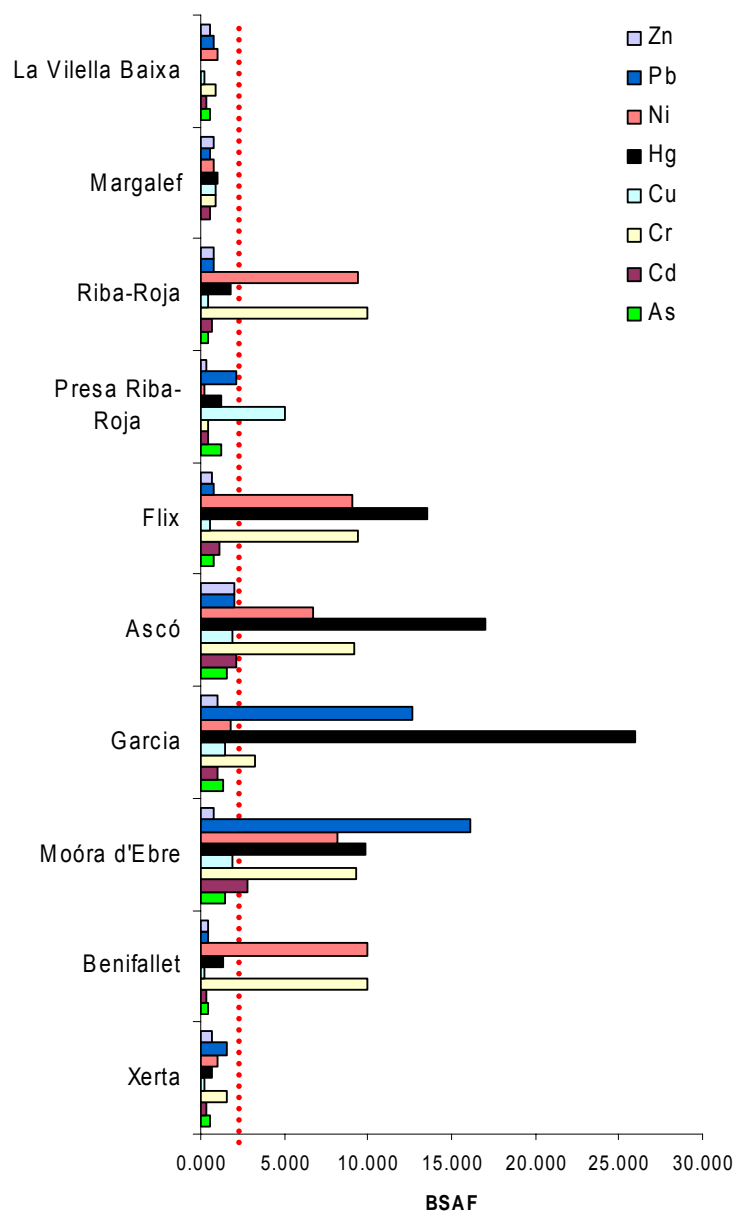


Figura 60- Factors d'acumulació de metalls en biota a partir de les concentracions en sediments (BSFA).

La biota fluvial i els microorganismes aquàtics es troben en contacte directe amb els sediments i amb les partícules en suspensió. Amb els estudis dels factors d'acumulació aigua-biota (AF) i sediments-biota (BSAF), es pot apreciar, que en general, l'acumulació de metalls es podrà donar fins a concentracions molt superiors a les detectades en els sediments (Samecka-Cymerman i Kempers, 1999; 2001; Kominkova i Benesova, 2004). Aquests elements es solen trobar en les seves formes més biodisponibles per la biota, el que afavoreix l'acumulació, i augmenten el risc de que es produeixin efectes potencialment



adversos que afectin a l'estructura de les comunitats aquàtiques (Samecka-Cymerman i Kempers, 2003).

4.4.3- COEFICIENT DE PARTICIÓ AIGUA-SEDIMENT (LOG Kd)

Els coeficients de partició experimental (log Kd) es van calcular amb concentracions de metalls aigua fluvial, que es presenten en l'**Annex 2**, i amb les concentracions de metalls de les partícules en suspensió que es recullen en l'**Annex 4**. Els log Kd avaluen la distribució que existeix entre dos compartiments, l'aigua, incloent la fase particulada i el fitoplacton, i els sediments (Suter i Tsao, 1996; Samecka-Cymerman i Kempers, 2001; Samecka-Cymerman i col·ls., 2005). Normalment es relacionen els factors d'acumulació AF i BSFA com a mètode per estimar les càrregues de cada metall en la biota (Kominkova i Benesova, 2004).

A la **Figura 61** es presenten els coeficients de partició experimental calculats a partir de les mitjanes de les concentracions del 2005 i 2006 (log Kd). Els punts de mostreig de la Vilella Baixa i Margalef, al Priorat es van considerar com a blancs de l'estudi. Per les diferents localitzacions estudiades, tots els coeficients van presentar valors inferiors a 3, el que indicaria que els metalls es poden dissoldre fàcilment en l'aigua i que poden ser transportats pel riu i convertir-se en elements biodisponibles per la flora i la fauna aquàtica. Aquest fet suposaria un major risc per la vida aquàtica. Un estudi realitzat al riu Musi a la Índia, prop d'una mina d'extracció d'or i plata, va recollir conclusions similars per l'As, el Fe, el Ni i el Zn (Chandra Sekhar i col·ls., 2005). Altres estudis publicats van indicar resultats semblants en sistemes fluvials que rebien abocaments d'aigües residuals urbanes (Lakatos i col·ls., 2003; Nabelkova i Kominkova, 2006).

4.4.4- CARACTERITZACIÓ DEL RISC PER L'ECOSISTEMA FLUVIAL

L'avaluació del risc per l'ecosistema fluvial es va efectuar mitjançant el *Quocient de risc (hazard quotient, HQ)*. Suter i col·laboradors (2003) comparava les concentracions en aigua fluvial amb els criteris toxicològics de la **Taula 16** dels Materials i Mètodes. Es van utilitzar les concentracions mitjanes dels anys 2005 i 2006 de cada punt del tram fluvial del riu Ebre, mentre que al Priorat es va utilitzar la mitjana de les concentracions de metalls en aigua fluvial durant el 2006 i 2007. A les **Taules** de la **75** a la **78** es recullen els resultats del HQ pels diferents metalls avaluats, així com el *Hazard Index*, (HI) com a suma ponderada per la quantitat de metalls avaluats, per tal de poder determinar un efecte conjunt dels metalls sobre els organismes (Clements i col·ls., 2002; Lee i col·ls., 2006).

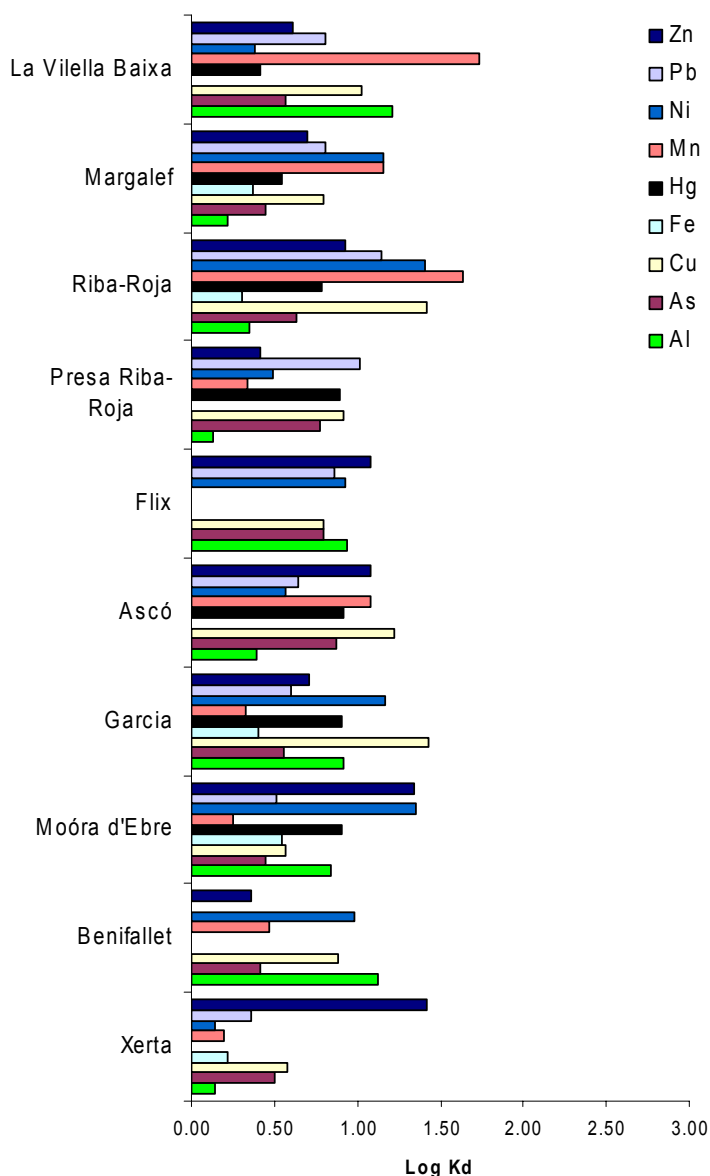


Figura 61- Coeficients de partició experimental (log Kd) entre l'aigua i les partícules en suspensió.

En els peixos, només es van superar els criteris toxicològics en aigua per l'Al i el Cu. La font més important de metalls pels peixos és la ingesta de macròfits i de fitoplàncton contaminats amb metalls per bioacumulació, segons s'ha comentat en el factor d'acumulació sediment biota (BSAF). Lavado i col·laboradors (2006) va estudiar les concentracions de Cd, Cu, Hg, i Zn en múscles de carpes i els barbs, a Saragossa, Monzón, Flix i el Delta. Les majors concentracions de Cd i Hg es van detectar a Flix (2.64 mg/kg i 0.63 mg/kg, respectivament). Les carpes pescades al Delta de l'Ebre reduïen considerablement les concentracions d'aquests metalls fins a 0.53 i 0.20 mg/kg. En els macròfits i les plantes, pot existir un risc ecotoxicològic degut a l'excés de Cu i Ni a les aigües Fluvials (**Taula 76 i 77**),



tot i que caldria avaluar les concentracions que aquest organismes aquàtics bioacumulen per efecte de les partícules en suspensió i pels sediments, ja que actuen com a organismes filtradors (Fernandes, 1997; Lakatos i col·ls., 2003).

En general, per a tot el sistema aquàtic, inclosa la fauna i la flora, les altes concentracions de Cu i Ni poden afectar directament a la biota (zooplacton i plantes aquàtiques) i als organismes bentònics i peixos del riu (Lakatos i col·ls., 2003). Els estudis de risc ambiental han de basar-se doncs, en un coneixement exhaustiu dels perills reals que suposen les concentracions de metalls en els sediments, les partícules en suspensió i els metalls dissolts en aigua fluvial. Aquest estudi preliminar, hauria de complementar-se amb dades de concentracions en els organismes aquàtics de la xarxa tròfica del riu Ebre, i molt especialment en el fitoplàcton, zooplacton i en algunes de les espècies bioacumuladores o filtradores del tram fluvial del riu Ebre (musclo zebra), aigües avall fins a la Delta de l'Ebre, on hi ha grans viviers de musclos i cloïsses, que podrien bioacumular algun dels metalls (Mañosa i col·ls., 2001; Atauri Mezquida i col·ls., 2005).

Les quantitats absolutes de metalls dipositades al Pantà de Flix són molt elevades i representen un perill epotencial de contaminació massiva de tot el tram de l'Ebre situat aigües avall. En el cas del Hg es calculen entre 10 i 18 tones, i emmagatzemades a l'embassament en els sediments, és a dir, sota la influència de la seva aigua. Els sediments de l'Ebre entre el pantà de Flix i la desembocadura mostren una contaminació important per Hg, Cd, Cu, i Pb. Els nivells de contaminació són, molt més alts per alguns metalls que a Flix. Molts dels compostos metàl·lics són poc insolubles en aigua i només s'han dissolt a l'aigua en una part molt petita o en episodis molt puntuals. La matèria fina particulada, a la qual es poden absorbir els metalls pot ser transportada aigües avall, i es considera com la principal font de dispersió dels residus emmagatzemats a Flix, i pot suposar un risc potencial per a l'ecosistema.

Cal concloure doncs, que amb els resultats obtinguts en aquest estudi, i sempre pensant en que s'han utilitzat metodologies que no consideren el possible sinergisme entre els metalls, les concentracions detectades suposarien un risc potencial toxicològic per l'ecosistema fluvial i molt especialment pels organismes bentònics del riu Ebre. Cal remarcar que el risc absolut, com a sinergisme entre tots els metalls no es coneix i per això s'ha avaluat com la suma dels riscos individuals.

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5 /DL: T.2189-2007

Taula 75- Avaluació del risc pels peixos que habiten en el riu deguts a les concentracions de metalls en aigua fluvial.

Peixos	Margalef	Riba-Roja	Flix	Ascó	Garcia	Móra	Benifallet	Xerta	Tortosa
Al	13.22	21.60	10.58	15.79	11.15	6.56	8.17	1.76	7.35
As III	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba									
Be	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd	0.08	0.15	0.05	0.11	0.07	0.03	0.01	0.01	0.03
Co									
Cr III	0.14	0.31	0.10	0.20	0.12	0.03	0.02	0.16	0.02
Cr VI	0.02	0.05	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.02	0.00
Cu	1.61	1.25	1.47	1.09	1.20	0.69	0.80	0.33	0.33
Fe	0.14	0.15	0.10	0.13	0.10	0.08	0.13	0.04	0.09
Hg	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.47	0.06
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00
Mo	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	0.98	2.06	0.69	1.33	0.83	0.23	0.25	0.12	0.26
Pb	0.00	0.03	0.07	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Sb	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.12	0.05
Se	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Sn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V	0.05	0.06	0.06	0.01	0.01	0.03	0.03	0.03	0.04
Zn	0.51	0.34	2.11	0.26	0.33	0.16	0.33	0.05	0.26
HI	0.77	1.19	0.70	0.87	0.64	0.36	0.45	0.14	0.39

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5 /DL: T.2189-2007

Taula 76- Avaluació del risc pels macròfits que habiten en el riu deguts a les concentracions de metalls en aigua fluvial.

Dàfnids	Margalef	Riba-Roja	Flix	Ascó	Garcia	Móra	Benifallet	Xerta	Tortosa
Al	0.02	0.04	0.02	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00	0.01
As III	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As V	0.01	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ba									
Be	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Cd	0.87	1.75	0.61	1.20	0.80	0.31	0.17	0.17	0.32
Co									
Cr III	0.22	0.49	0.15	0.31	0.19	0.04	0.04	0.25	0.03
Cr VI	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cu	26.61	20.73	24.25	18.05	19.81	11.35	13.28	5.51	5.51
Fe									
Hg	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.11	0.01
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
Mo									
Ni	6.87	14.43	4.80	9.34	5.79	1.60	1.74	0.86	1.85
Pb	0.00	0.04	0.11	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Se	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Sn									
Tl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zn	0.40	0.26	1.65	0.21	0.26	0.12	0.26	0.04	0.20
HI	1.75	1.89	1.58	1.46	1.35	0.68	0.78	0.35	0.40

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5 /DL: T.2189-2007

Taula 77- Avaluació del risc per les plantes aquàtiques del riu deguts a les concentracions de metalls en aigua fluvial.

Plantes	Margalef	Riba-Roja	Flix	Ascó	Garcia	Móra	Benifallet	Xerta	Tortosa
Al	0.09	0.15	0.08	0.11	0.08	0.05	0.06	0.01	0.05
As III	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As V	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Ba									
Be	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Cd	0.07	0.13	0.05	0.09	0.06	0.02	0.01	0.01	0.02
Co									
Cr III	0.02	0.05	0.02	0.03	0.02	0.00	0.00	0.03	0.00
Cr VI	0.81	1.78	0.56	1.13	0.70	0.16	0.14	0.91	0.12
Cu	6.12	4.77	5.58	4.15	4.56	2.61	3.05	1.27	1.27
Fe									
Hg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
Mn									
Mo									
Ni	6.87	14.43	4.80	9.34	5.79	1.60	1.74	0.86	1.85
Pb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sb	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Se	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01
Sn									
Tl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V									
Zn	0.62	0.41	2.57	0.32	0.40	0.19	0.40	0.06	0.31
HI	0.67	0.99	0.62	0.69	0.53	0.21	0.25	0.15	0.17

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5 /DL: T.2189-2007

Taula 78- Avaluació del risc per organismes aquàtics de l'ecosistema fluvial per exposició a metalls en aigua fluvial.

Tots els organismes	Margalef	Riba-Roja	Flix	Ascó	Garcia	Móra	Benifallet	Xerta	Tortosa
Al	0.09	0.15	0.08	0.11	0.08	0.05	0.06	0.01	0.05
As III	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
As V	0.07	0.06	0.05	0.05	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Ba									
Be	0.00	0.00	0.01	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Cd	0.87	1.75	0.61	1.20	0.80	0.31	0.17	0.17	0.32
Co									
Cr III	0.22	0.49	0.15	0.31	0.19	0.04	0.04	0.25	0.03
Cr VI	0.81	1.78	0.56	1.13	0.70	0.16	0.14	0.91	0.12
Cu	26.61	20.73	24.25	18.05	19.81	11.35	13.28	5.51	5.51
Fe	0.14	0.15	0.10	0.13	0.10	0.08	0.13	0.04	0.09
Hg	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.47	0.06
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01
Mo	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
Ni	6.87	14.43	4.80	9.34	5.79	1.60	1.74	0.86	1.85
Pb	0.00	0.04	0.11	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
Sb	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.12	0.05
Se	0.00	0.01	0.00	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01
Sn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Tl	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
V	0.04	0.06	0.05	0.01	0.01	0.03	0.02	0.03	0.03
Zn	0.62	0.41	2.57	0.32	0.40	0.19	0.40	0.06	0.31
HI	1.66	1.83	1.52	1.40	1.28	0.64	0.74	0.39	0.39



5- CONCLUSIONS



Després d'avaluar els resultats obtinguts en aquest estudi, es poden extreure les següents conclusions:

- 1- En l'avaluació de les propietats físico-químiques de l'aigua, per tots els trams de mostreig en la conca catalana del riu Ebre i els seus afluents, el pH de l'aigua fluvial es troba en la zona bàsica, amb un valor proper al 8.0 dins dels límits permissibles per la Confederació Hidrogràfica de l'Ebre, i que desafavoreix l'intercanvi per dissolució de metalls entre els sediments i l'aigua fluvial.
- 2- La conductivitat en el tram fluvial del Delta de l'Ebre presenta valors propis de les zones marines per efecte de la falca salina. A Móra d'Ebre, els nivells de conductivitat detectats suggereixen l'abocament d'aigües residuals urbanes al riu.
- 3- Les concentracions de nitrats, nitrits, amoni i fosfats en les aigües superficials fluvials no superen els valors màxims admissibles establerts segons la legislació per l'aigua destinada a consum humà en els rius del Priorat, tot i la possible incidència de l'agricultura i ramaderia de la comarca.
- 4- Flix sobrepassa el nivell d'amoni establert per la legislació en l'aigua de l'embassament, si és potencialment utilitzada com a aigua de consum. Els estudis realitzats en l'aigua de boca han revelat conductivitats que depassen els requisits legals.
- 5- En l'evolució temporal de les concentracions de metalls en aigua en el tram fluvial del riu Ebre durant els anys 2005 i 2006, en general, es va observar una disminució en les concentracions de gairebé tots els metalls.
- 6- No s'han pogut correlacionar els augment en les concentracions de Cu i Hg en aigua superficial fluvial amb la possible contaminació generada pel sector agrari o ramader a la conca de l'Ebre, mentre que al Priorat, les pràctiques agrícoles i els efectes de la sequera han estat considerats com a fonts difuses de metalls a l'aigua fluvial.
- 7- Les concentracions de metalls detectades en les aigües de consum donen compliment al RD 140/2003, i són aptes per al consum humà. Al Priorat, els nivells de Mn



detectats en els embassaments suposen una disminució de la qualitat organolèptica de l'aigua.

8- Les quantitats absolutes de metalls dipositades a l'embassament de Flix en els sediments, suposen un escapament de material particulat, i per tant de contaminació potencial del tram de l'Ebre situat aigües avall. S'han detectat acumulacions superiors als límits establerts pel Hg i el Cd fins a la ciutat de Tortosa.

9- Els sediments de l'Ebre entre l'embassament de Flix i la desembocadura mostren una contaminació important per Hg, Cd, Cu, i Pb. Els nivells de contaminació són molt més baixos que a Flix. La matèria fina particulada que pot absorbir els metalls s'ha considerat com el mecanisme de transport d'aquests contaminants aigües avall i es considera com la principal font de dispersió dels residus emmagatzemats a Flix.

10- Al Priorat, les concentracions de Pb i Zn detectades en sediments han indicat la presència de fonts antropogèniques per erosió dels materials de l'antiga mina de galena i han identificat les característiques hidrogeològiques de la zona com a font difosa de metalls en els sediments fluvials.

11- Les concentracions de metalls en sòls de l'àrea de ribera són estadísticament diferents als sòls de les poblacions de la conca catalana del riu Ebre, tot i la seva proximitat. Al Tram Alt (trams 1 i 2), s'ha identificat a la fàbrica d'Erkimia com la causant de l'augment en les concentracions d'As, Cr, Hg i Zn en sòls urbans.

12- Al Priorat, les concentracions d'As, Pb, i Co dels sòls superficials han sobrepassat els criteris provisionals de qualitat del sòl a Catalunya per a sòls no industrials, tot i que es tracta d'una contaminació natural.

13- En general, les mostres de sòls i sediments del Priorat, presenten concentracions similars, existint una correlació entre les concentracions de metalls detectades en ambdues matrius.

14- La biota fluvial és capaç de bioacumular grans concentracions de metalls dels sòls i els sediments. Les concentracions de Hg en biota aigües avall de la presa de Flix presenten



un perfil similar als sediments. Al Priorat, les altes concentracions de Mn i Pb en els sediments són també una font de metalls biacumulables per a la biota.

15- En l'avaluació de les concentracions de metalls que poden suposar un risc per a la salut de la població, a la comarca del Priorat els nivells de Mn no superen els límits de seguretat establerts en aigua de consum per una potencial intoxicació crònica en adults.

16- En general, les exposicions estimades per ingesta, inhalació i absorció dèrmica de metalls a partir de l'aigua de consum o dels sòls, són superiors en nens que en adults.

17- Al tram de mostreig Alt i al Priorat, la ingesta d'aigua podria suposar un risc potencial de tipus no cancerigen pels nens, degut a un excés d'As i Fe a les aigües de boca. L'ús perllongat de l'aigua en el bany no suposa un risc de tipus no cancerigen addicional.

18- El risc no cancerigen associat a les concentracions d'As en sòls supera el valor recomanat per la US EPA en tots els trams de mostreig. L'exposició predita en nens per ingesta de partícules de sòls sobrepassa a les dosis de referència oral per l'As, el Fe, i el Pb per tots els trams de mostreig, mentre que el Mn al Tram Alt la sobrepassa en gairebé un 36% i al Priorat en més d'un 87%.

19- Per inhalació de partícules de sòls, el Cr (VI) i el Mn, per tots els trams de mostreig, tant en nens com en adults, superen les dosis de referència. Tanmateix els efectes de tipus no cancerígens solen donar-se principalment per exposicions laborals i/o cròniques.

20- En l'avaluació del risc cancerigen total per exposició a aigua, la presència d'alts nivells d'As pot incrementar significativament el nombre addicional de casos de càncer. En aquest estudi s'ha considerat que tot l'As present en les aigües és de tipus inorgànic. En pròxims estudis, caldria determinar exclusivament l'As inorgànic i repetir l'avaluació del risc de tipus cancerigen.

21- El risc associat als diferents metalls cancerígens per totes les vies estudiades és similar en tots els trams de mostreig. Els casos addicionals de càncer en adults són inferiors als factors de risc dels nens associats a la ingesta i inhalació de sòls.



22- La presència d'As i Cr, i en el cas del Priorat el Cd, pot incrementar el nombre de càncers en la població resident a la conca catalana del riu Ebre. Aquest risc no pot ser considerat com a assumible segons els estàndards internacionals. Caldria determinar l'especiació de l'As i del Cr, ja que en tots els casos s'ha partir de la suposició de que tot l'As detectat en sòls és As inorgànic, i que la relació entre el Cr total analitzat i el Cr (VI) és de 1 a 6. Amb els resultats de l'especiació, s'hauria de tornar a avaluar el risc i la variabilitat associada a aquest risc.

23- L'aplicació informàtica *HRA Metales Pesados*, que es va dissenyar pensant en usuaris amb coneixements mínims sobre avaluació del risc, té un grau important d'ajust amb la metodologia aplicada en aquesta Tesi: gairebé un 80%.

24- Amb els estudis dels factors d'acumulació aigua biota i sediments biota, s'ha establert que l'acumulació de metalls es podrà donar fins a concentracions molt superiors a les trobades en els sediments, ja que els metalls es detecten en les seves formes més biodisponibles per la biota.

25- Al comparar els nivells detectats de metalls en aigua amb els criteris ecotoxicològics establerts, s'ha arribat a la conclusió de que caldria avaluar les concentracions reals dels organismes aquàtics bioacumuladors.

26- En general, per a tot el sistema aquàtic, inclosa la fauna i la flora, les altes concentracions de Cu i Ni poden afectar directament a la biota (zooplàcton i plantes aquàtiques) i als organismes bentònics i peixos del riu. Caldria considerar aquest estudi com a preliminar, complementant-se posteriorment amb dades de concentracions en els organismes aquàtics de la xarxa tròfica del riu Ebre, i molt especialment en el fitoplàncton, zooplàncton i en algunes de les espècies bioacumuladores o filtradores del tram fluvial del riu Ebre fins al Delta.

En conclusió, la quantitat de metalls dipositats en el pantà de Flix és molt elevada i representa un perill potencial de contaminació de tot el tram fluvial del riu Ebre, situat aigües avall. L'excés d'alguns metalls en els sòls i en l'aigua de consum, deguts a fonts naturals i/o antropogèniques, poden suposar un augment del risc potencial, tant cancerigen com no cancerigen en nens i adults residents a la zona d'estudi.



Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5 /DL: T.2189-2007

5- CONCLUSIONS





- Abderahman N, Abu-Rukah Y (2006) An assessment study of heavy metal distribution within soil in upper course of Zarqa River basin/Jordan. *Environmental Geology* 49: 1116-1124.
- ACA (2005). Estudi de la dinàmica dels compostos organoclorats i altres contaminants, Agència Catalana de l'Aigua. Disponible a : http://mediambient.gencat.net/aca/documents/ca/aigues_superficials/resum_executiu.pdf
- ACA (2006a). Rius, rieres i torrents: Consulta de la qualitat. Agència Catalana de l'Aigua. Generalitat de Catalunya. Disponible a : http://mediambient.gencat.net/aca/ca/aiguamedi/rius/consulta_qualitat.jsp
- ACA (2006b). Consulta de les dades d'aigües subterrànies generades a l'Àrea d'Inspecció i Control. Agència Catalana de l'Aigua. Generalitat de Catalunya. Disponible a : <http://mediambient.gencat.net/aca/ca/aiguamedi/subterrànies/consulta.jsp>
- Acosta V, Lodeiros C, Senior W, Martínez G (2002) Niveles de metales pesados en sedimentos *Interciencia* 27: 686-690.
- Agramunt Gràcia MC (2002). Exposició laboral a compostos orgànics i metalls en la planta incineradora de residus especials del Camp de Tarragona., Departament de Ciències Mèdiques Bàsiques. Universitat Rovira i Virgili, Reus.
- Aguilar J, Dorronsoro C, Fernández E, Fernández J, García I, Martín F, Simón M (2004) Soil pollution by a pyrite mine spill in Spain: evolution in time. *Environmental Pollution* 132: 395–401.
- Al-Khashman OA (2004) Heavy metal distribution in dust, street dust and soils from the work place in Karak Industrial Estate, Jordan. *Atmospheric Environment* 38: 6803-6812.
- Al-Khashman OA, Shawabkeh RA (2006) Metals distribution in soils around the cement factory in southern Jordan. *Environmental Pollution* 140: 387-394.
- Al Rmalli SW, Haris PI, Harrington CF, Ayub M (2005) A survey of arsenic in foodstuffs on sale in the United Kingdom and imported from Bangladesh. *Science of The Total Environment* 337: 23-30.
- Anton A, Castells F, Montero JI, Huijbregts M (2004) Comparison of toxicological impacts of integrated and chemical pest management in Mediterranean greenhouses. *Chemosphere* 54: 1225-1235.
- APHA-AWWA-WPCF (1989). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, Washington DC.
- APHA-AWWA-WPCF (2005a). 4500-NO₃⁻ Nitrogen (Nitrate), Nitrate Electrode Method. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public



Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, Washington DC.

- APHA-AWWA-WPCF (2005b). 4500-H+ pH Value. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, Washington DC.
- APHA-AWWA-WPCF (2005c). 2550 Temperature . Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, Washington DC.
- APHA-AWWA-WPCF (2006). 1060 Collection and Preservation of Samples. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. American Public Health Association, American Water Works Association and Water Environment Federation, Washington DC.
- Arin L, Estrada M, Salat J, Cruzado A (2005) Spatio-temporal variability of size fractionated phytoplankton on the shelf adjacent to the Ebro river (NW Mediterranean). Continental Shelf Research 25: 1081-1095.
- ASA (1996). Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods Soil Science Society of America ed. American Society of Agronomy
- Atauri Mezquida JA, De Lucio Fernandez JV, Munoz Yanguas MA (2005) A framework for designing ecological monitoring programs for protected areas: a case study of the Galachos del Ebro Nature Reserve (Spain). Environmental Management 35: 20-33.
- ATSDR (1992). Toxicological Profile for Antimony. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (1995). Toxicological Profile for Thallium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (1999a). Toxicological Profile for Mercury. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (1999b). Toxicological Profile for Vanadium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (1999c). Toxicological Profile for Zinc Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (1999d). Toxicological Profile for Cadmium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (2000a). Toxicological Profile for Chromium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (2000b). Draft Toxicological Profile for Chromium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.



- ATSDR (2000c). Toxicological Profile for Manganese Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (2002). Toxicological Profile for Beryllium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (2003). Toxicological Profile for Selenium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (2004a). Toxicological Profile for Copper Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (2004b). Toxicological Profile for Cobalt. Agency for Toxic Substances and Disease Registry, U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (2005a). Toxicological Profile for Nickel. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (2005b). Toxicological Profile for Lead. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (2005c). Toxicological Profile for Barium. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (2005d). Draft Toxicological Profile for Arsenic. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- ATSDR (2006). Toxicological Profile for Aluminum. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. U.S. Department of Health and Human Services, Public.
- Audry S, Blanc G, Scháfer J (2004a) Cadmium transport in the Lot-Garonne River system (France) - Temporal variability and a model for flux estimation. *Science of the Total Environment* 319: 197-213.
- Audry S, Scháfer J, Blanc G, Jouanneau JM (2004b) Fifty-year sedimentary record of heavy metal pollution (Cd, Zn, Cu, Pb) in the Lot River reservoirs (France). *Environmental Pollution* 132: 413-426.
- Audry S, Scháfer J, Blanc G, Bossy C, Lavaux G (2004c) Anthropogenic components of heavy metal (Cd, Zn, Cu, Pb) budgets in the Lot-Garonne fluvial system (France). *Applied Geochemistry* 19: 769-786.
- Baron S, Carignan J, Ploquin A (2006) Dispersion of heavy metals (metalloids) in soils from 800-year-old pollution (Mont-Lozère, France). *Environmental Science and Technology* 40: 5319-5326.
- Batista J, Schuhmacher M, Domingo JL, Corbella J (1996) Mercury in hair for a child population from Tarragona Province, Spain. *Science of the Total Environment* 193: 143-148.



- Baumann T, Fruhstorfer P, Klein T, Niessner R (2006) Colloid and heavy metal transport at landfill sites in direct contact with groundwater. *Water Research* 40: 2776-2786.
- Bech J, Tobías F, Roca N (1995). Nivells basals de metalls pesants i elements traça a sòls de Catalunya- Sòls contaminats-Dossiers agraris. ICEA, Institució Catalana d'Estudis Agraris, Cabrils.
- Bech J, Tume P, Longan L, Reverter F (2005) Baseline concentrations of trace elements in surface soils of the Torrelles and Sant Climent Municipal Districts (Catalonia, Spain). *Environmental Monitoring and Assessment* 108: 309–322.
- Bengtsson H, Alvenas G, Nilsson SI, Hultman B, Oborn I (2006) Cadmium, copper and zinc leaching and surface run-off losses at the Ojebyn farm in Northern Sweden--Temporal and spatial variation. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 113: 120-138.
- Bi X, Feng X, Yang Y, Qiu G, Li G, Li F, Liu T, Fu Z, Jin Z (2006) Environmental contamination of heavy metals from zinc smelting areas in Hezhang County, western Guizhou, China. *Environment International* 32: 883-890.
- Bibby RL, Webster-Brown JG (2005) Characterisation of urban catchment suspended particulate matter (Auckland region, New Zealand); a comparison with non-urban SPM. *Science of The Total Environment* 343: 177-197.
- Bibby RL, Webster-Brown JG (2006) Trace metal adsorption onto urban stream suspended particulate matter (Auckland region, New Zealand). *Applied Geochemistry* 21: 1135-1151.
- Bidone ED, Laybauer L, Castilhos ZC, Maddock JL (2001) Environmental risk increase due to heavy metal contamination caused by a copper mining activity in Southern Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciencias* 73: 277-286.
- Bocio A (2004). Nivells de dioxines i altres contaminants orgànics Persistents en aliments. Ingesta dietètica per la població de Catalunya Departament de Medicina i Cirurgia. Universitat Rovira i Virgili, Reus (Tarragona).
- Bocio A, Nadal M, Domingo JL (2005a) Human exposure to metals through the diet in Tarragona, Spain: temporal trend. *Biological Trace Element Research* 104: 193-201.
- Bocio A, Nadal M, Garcia F, Domingo JL (2005b) Monitoring metals in the population living in the vicinity of a hazardous waste incinerator: concentrations in autopsy tissues. *Biological Trace Element Research* 106: 41-50.
- BOE (1980). Directiva 80/778/CEE. Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. *Boletín Oficial del Estado* 117: 20211.



- BOE (1988). Real decreto 927/1988. Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica (RAPAPH) , en desarrollo de los Títulos II y III de la Ley de Aguas. Boletín Oficial del Estado.
- BOE (1998). Orden del 28 de Mayo de 1998 sobre Fertilizantes y Afines. Boletín Oficial del Estado 227: 40295
- BOE (2000). Real Decreto 995/2000, de 2 de junio, por el que se fijan objetivos de calidad para determinadas sustancias contaminantes. Boletín Oficial del Estado 147: 21558.
- BOE (2002) Real Decreto 1073/2002, de 18 de octubre, sobre evaluación y gestión de la calidad del aire ambiente en relación con el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno, partículas, plomo, benceno y monóxido de carbono. Boletín Oficial del Estado 260: 38020-38033.
- BOE (2003). Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, por el que se establecen los criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano. Boletín Oficial del Estado.
- BOE (2005). Real Decreto 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados. Boletín Oficial del Estado 15: 1833-1843
- Boffetta P, Nyberg F (2003) Contribution of environmental factors to cancer risk. British Medical Bulletin 68: 71-94.
- Boluda R, Andreu V, Moraleda M, Sanchez J (1989) Singularidades edafológicas en la comarca La Plana de Requena-Utiel (Valencia). Anales de Edafología y Agrobiología 48: 49-59.
- Boluda R, Quintanilla JF, Bonilla JA, Saez E, Gamon M (2002) Application of the Microtox test and pollution indices to the study of water toxicity in the Albufera Natural Park (Valencia, Spain). Chemosphere 46: 355-369.
- Bouma JJ, Francois D, Troch P (2005) Risk assessment and water management. Environmental Modelling & Software 20: 141-151.
- Bruce King R (1997). Encyclopedia of Inorganic Chemistry, Ed. John Wiley and Son ed. Sussex.
- Bukowiecki N, Gehrig R, Hill M, Lienemann P, Zwicky CN, Buchmann B, Weingartner E, Baltensperger U (2007) Iron, manganese and copper emitted by cargo and passenger trains in Zurich (Switzerland): Size-segregated mass concentrations in ambient air. Atmospheric Environment 41: 878-889.
- Busquet E (1997). Elaboració dels Criteris de Qualitat del Sòl a Catalunya. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient, Junta de Residus.



- Buszewski B, Kowalkowski T (2006) A new model of heavy metal transport in the soil using nonlinear artificial neural networks. *Environmental Engineering Science* 23: 589-595.
- Cabrera F, Clemente L, Diaz Barrientos E, Lopez R, Murillo JM (1999) Heavy metal pollution of soils affected by the Guadiamar toxic flood. *Science of the Total Environment* 242: 117-129.
- Caeiro S, Costa MH, Ramos TB, Fernandes F, Silveira N, Coimbra A, Medeiros G, Painho M (2005) Assessing heavy metal contamination in Sado Estuary sediment: An index analysis approach. *Ecological Indicators* 5: 151-169.
- Campbell C, Chapman P, Beverley A (2006) Risk Assessment of Metals in the Environment. *Issues in Environmental Science and Technology* 22: 102-131.
- Campos ML, Pierangeli MP, Guilherme L, Marques JJ, Curi N (2003) Baseline Concentration of Heavy Metals in Brazilian Latosols. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 34: 547 - 557
- Capuano F, Cavalchi B, Martinelli G, Pecchini G, Renna E, Scaroni I, Bertacchi M, Bigliardi G (2005) Environmental prospection for PCDD/PCDF, PAH, PCB and heavy metals around the incinerator power plant of Reggio Emilia town (Northern Italy) and surrounding main roads. *Chemosphere* 58: 1563-1569.
- Carbonell G, Ramos L, Pablos M, Ortiz J, JV T (2000) System dynamic model for the assessment of different exposure routes in aquatic ecosystems. *Science of Total Environment* 247.
- Causape J, Quilez D, Aragues R (2006) Irrigation efficiency and quality of irrigation return flows in the Ebro River Basin: an overview. *Environmental Monitoring and Assessment* 117: 451-461.
- Claver A, Ormad P, Rodriguez L, Ovelleiro JL (2006) Study of the presence of pesticides in surface waters in the Ebro river basin (Spain). *Chemosphere* 64: 1437-1443.
- Clemente L, Cabrera L, García L, Cara J (2003) Reconocimiento de suelos y estudio de su contaminación por metales pesados en el valle del Guadiamar. *Edafología* 7-3: 337-349.
- Clemente R, Paredes C, Bernal MP (2007) A field experiment investigating the effects of olive husk and cow manure on heavy metal availability in a contaminated calcareous soil from Murcia (Spain). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 118: 319-326.
- CNTC (2004). *Metals in the Environment*. Canadian Network of Toxicology Centres, Ontario.
- Cortes A (1995). *Estudi sobre els valors de fons de sòls situats en l'àmbit industrial de Catalunya*. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient, Junta de Residus.



- Cots-Folch R, Martínez-Casasnovas JA, Ramos MC (2006) Land terracing for new vineyard plantations in the north-eastern Spanish Mediterranean region: Landscape effects of the EU Council Regulation policy for vineyards' restructuring. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 115: 88-96.
- Cruse AM, Lyons TW (2004) Trace metal records of regional paleoenvironmental variability in Pennsylvanian (Upper Carboniferous) black shales. *Chemical Geology* 206: 319-345.
- CSI, UAB, ACA, CIRIT (2004). Estudi de la dinàmica dels compostos organoclorats i altres contaminants. Consell Superior d'Investigacions Científiques, CSIC, i la Universitat Autònoma de Barcelona, UAB, per encàrrec de l'Agència Catalana de l'Aigua, ACA, del Departament de Medi Ambient i Habitatge amb el suport de la Comissió Interdepartamental de Recerca i Tecnologia, CIRIT, Barcelona.
- CSSC (1993). *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Lewis Publisher, Ottawa, Canada.
- Chandra Sekhar K, Chary NS, Kamala CT, Venkateswara Rao J, Balaram V, Anjaneyulu Y (2003) Risk assessment and pathway study of arsenic in industrially contaminated sites of Hyderabad: a case study. *Environment International* 29: 601-611.
- Chandra Sekhar K, Chary NS, Kamala CT, Shanker, Frank H (2005) Environmental Pathway and Risk Assessment Studies of the Musi River's Heavy Metal Contamination. A Case Study. *Human and Ecological Risk Assessment* 11: 1217 - 1235
- Chapman P, Wang F, Janssen C, Persoone G, Allen H (1998) Ecotoxicology of metals in aquatic sediments: binding and release, bioavailability, risk assessment, and remediation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 55: 2221-2243.
- Chapman PM, Wang F, Janssen CR, Goulet RR, Kamunde CN (2003) Conducting Ecological Risk Assessments of Inorganic Metals and Metalloids: Current Status. *Human and Ecological Risk Assessment* 9: 641-697.
- CHE (1998). Estudio Ecológico Integral del río Ebro. Limnos para el Área de Calidad de las Aguas de la Confederación Hidrográfica del Ebro.
- CHE (2000). Red de control de sustancias peligrosas- Informe RCSP año 2000. Confederación Hidrográfica del Ebro, Ministerio de Medio Ambiente.
- CHE (2001). Red de control de sustancias peligrosas- Informe RCSP año 2001. Confederación Hidrográfica del Ebro, Ministerio de Medio Ambiente.
- CHE (2002a). Red de control de sustancias peligrosas- Informe RCSP año 2002. Confederación Hidrográfica del Ebro, Ministerio de Medio Ambiente.



- CHE (2002b). Sistema Automático de Información Hidrológica de la Cuenca Hidrográfica del Ebro (SAIH Ebro). Confederación Hidrográfica de l'Ebre.
- CHE (2003). Red de control de sustancias peligrosas- Informe RCSP año 2003. Confederación Hidrográfica del Ebro, Ministerio de Medio Ambiente.
- CHE (2004). Red de control de sustancias peligrosas- Informe RCSP año 2004. Confederación Hidrográfica del Ebro, Ministerio de Medio Ambiente.
- CHE (2005a). Red de control de sustancias peligrosas- Informe RCSP año 2005. Confederación Hidrográfica del Ebro, Ministerio de Medio Ambiente.
- CHE (2005b). Caracterització de la demarcació i registre de zones protegides. Implantació de la DMA. Confederació Hidrogràfica de l'Ebre.
- CHE (2006). Dominio Ibérico Maestrazgo - Catalánides. Confederación Hidrográfica del Ebro.
- CHE (2007a). Control de calidad de las aguas en el Bajo Ebro. Confederación Hidrográfica del Ebro, Ministerio de Medio Ambiente.
- CHE (2007b). Control de calidad de las aguas subterráneas, Red Básica (RBAS) y Red de Nitratos (RNIT) Confederación Hidrográfica del Ebro, Ministerio de Medio Ambiente.
- CHE (2007c). Red de control de sustancias peligrosas. Confederación Hidrográfica del Ebro, Ministerio de Medio Ambiente.
- CHE S (2007d). SAHI Ebro. Confederación Hidrográfica del Ebro
- Chen J, Wei F, Zheng C, Wu Y, Adriano D (1991) Background concentrations of elements in soils of China. *Water, Air, and Soil Pollution*, 57-58: 699-712.
- DARP (2002). Registre Únic Europeu i la Guia de Productes Fitosanitaris Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca; Generalitat de Catalunya.
- DARP (2006a). Xarxa Agrometereològica de Catalunya. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca; Generalitat de Catalunya
- DARP (2006b). Xarxa agrometereològica de Catalunya (XAC), Mas Bové, Constantí. Departament d'Agricultura, Ramaderia i Pesca. Generalitat de Catalunya. Disponible a: http://www.gencat.net/servmet/marcs/marcos_observacio/marcs_dades.htm.
- Davydova S (2005) Heavy metals as toxicants in big cities. *Microchemical Journal* 79: 133-136.
- Dawson EJ, Macklin MG (1998) Speciation of heavy metals in floodplain and flood sediments: a reconnaissance survey of the Aire Valley, West Yorkshire, Great Britain. *Environmental Geochemistry and Health* 20: 67-76.



- De Miguel E, Iribarren I, Chacón E, Ordoñez A, Charlesworth S (2007) Risk-based evaluation of the exposure of children to trace elements in playgrounds in Madrid (Spain). *Chemosphere* 66: 505-513.
- Dearwent SM, Mumtaz MM, Godfrey G, Sinks T, Falk H (2006). Health effects of hazardous waste, *Annals of the New York Academy of Sciences*.
- Delistraty D, Yokel J (2007) Chemical and ecotoxicological characterization of Columbia River sediments below the Hanford site (USA). *Ecotoxicology and Environmental Safety* 66: 16-28.
- Demirak A, Yilmaz F, Levent Tuna A, Ozdemir N (2006) Heavy metals in water, sediment and tissues of *Leuciscus cephalus* from a stream in southwestern Turkey. *Chemosphere* 63: 1451-1458.
- Deumlich D, Kiesel J, Thiere J, Reuter HI, Volker L, Funk R (2006) Application of the Site Comparison Method (SICOM) to assess the potential erosion risk -- a basis for the evaluation of spatial equivalence of agri-environmental measures. *CATENA* 68: 141-152.
- Diawara DM, Litt JS, Unis D, Alfonso N, Martinez LA, Crock JG, Smith DB, Carsella J (2006) Arsenic, cadmium, lead, and mercury in surface soils, Pueblo, Colorado: Implications for population health risk. *Environmental Geochemistry and Health* 28: 297-315.
- DOCE (1976) Directiva 76/464/CEE del Consejo, de 4 de Mayo de 1976, relativa a la Contaminación causada por determinadas Sustancias Peligrosas vertidas en el Medio Acuático de la Comunidad. *Diario Oficial de la Unión Europea* 260: DOCE 129/L.
- DOCE (1980) Directiva 80/778/CEE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la calidad de las aguas destinadas al consumo humano. *Diario Oficial de la Unión Europea* 260: DOCE 229/L.
- DOCE (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas, 23 d'octubre de 2000. *Parlamento Europeo y del Consejo*.
- DOCE (2005) Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente. *Diario Oficial de la Unión Europea* 260: L 23/23-L 23/16.
- DOG (1996). Decreto 83/1996, de 5 de marzo, sobre medidas de regularización del saneamiento de las aguas residuales. *Diario Oficial de la Generalitat de Catalunya*.
- Domingo JL (1994) Metal-induced developmental toxicity in mammals: a review. *Journal of Toxicology and Environmental Health* 42: 123-141.
- Dudka S, Markert B (1992) Baseline concentrations of As, Ba, Be, Li, Nb, Sr and V in surface soils of Poland. *Science of the Total Environment* 122: 279-290.



- EC (2003). Technical Guidance Document on Risk Assessment. Chapter 2 Risk Assessment for Human Health. EUR 20418 EN/1
- Institute for Health and Consumer Protection. European Chemicals Bureau (ECB). European Communities.
- Eckert D, Thomas Sims J, Wolf A (1995). Recommended Soil Testing Procedures for the Northeastern United States University of Delaware, Newark, DE.
- Efroymson R, Suter G, Sample B, Jones D (1997). Preliminary Remediation Goals for Ecological Endpoints, in: ES/ER/TM-162/R2 (Ed.). U.S. Department of Energy, Office of Environmental Management, Tennessee.
- Efroymson R, Sample B, Suter G (2004) Bioaccumulation of inorganic chemicals from soil by plants: Spiked soils vs. field contamination or background. Human and Ecological Risk Assessment 10: 1117-1127.
- Ekosse GIE, Fouche PS, Mashatola B (2006) Total organic carbon in soils and its relation with manganese concentrations in soils and vegetation close to an abandoned manganese mine. International Journal of Environmental Science and Technology 3: 15-24.
- EPER (2007). Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes (EPER-España). Ministerio de Medio Ambiente.
- Falco G, Llobet JM, Bocio A, Domingo JL (2006) Daily intake of arsenic, cadmium, mercury, and lead by consumption of edible marine species. Journal of Agricultural and Food Chemistry 54: 6106-6112.
- FAO (2003). Global and National Soil and Terrain Digital Database (SOTER). Global Soil and Terrain Database (SOTER).
- Fasola M, Ruiz X (1996) The Value of Rice Fields as Substitutes for Natural Wetlands for Waterbirds in the Mediterranean Region Colonial Waterbirds, 19: 122-128.
- Fergusson JE (1990). The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact and Health Effects. Pergamon Press, Oxford, England.
- Fernández-Turiel JL, Gimeno D, Rodríguez JJ, Carnicero M, Valero F (2003) Spatial and Seasonal Variations of Water Quality in a Mediterranean Catchment: The Llobregat River (NE Spain). Environmental Geochemistry and Health 25: 453-474.
- Fernandez JA, Carballeira A (2001) A comparison of indigenous mosses and topsoils for use in monitoring atmospheric heavy metal deposition in Galicia (northwest Spain). Environmental Pollution 114: 431-441.
- Fernandez M, Cuesta S, Jimenez O, Garcia MA, Hernandez LM, Marina ML, Gonzalez MJ (2000) Organochlorine and heavy metal residues in the water/sediment system of the Southeast Regional Park in Madrid, Spain. Chemosphere 41: 801-812.



- Fernandez MD, Vega MM, Tarazona JV (2006) Risk-based ecological soil quality criteria for the characterization of contaminated soils. Combination of chemical and biological tools. *Science of The Total Environment* 366: 466-484.
- Ferré-Huguet N, Nadal M, Schuhmacher M, Domingo J (2006a) Environmental Impact and Human Health Risks of Polychlorinated Dibenzo-p-dioxins and Dibenzofurans in the Vicinity of a New Hazardous Waste Incinerator: A Case Study. *Environmental Science & Technology* 40: 61 - 66
- Ferré-Huguet N, Ocampo-Duque W, Schuhmacher M, Domingo J, 2006b. Trends in the Levels of Metals in the comarca of Priorat (Catalonia, Spain). "Rovira i Virgili" University.
- Ferré-Huguet N, Nadal M, Mari M, Schuhmacher M, Borrajo M, Domingo J (En Premsa) Monitoring metals near a hazardous waste incinerator. Temporal trend in soils and herbage. *Bulletin of Environmental Contamination & Toxicology*.
- Ferrer A (2003) Intoxicación por metales. *Anales Sis San Navarra* 26: 141-153.
- Franco A, Schuhmacher M, Roca E, Luis Domingo J (2006) Application of cattle manure as fertilizer in pastureland: Estimating the incremental risk due to metal accumulation employing a multicompartiment model. *Environment International* 32: 724-732.
- FSANZ (2003). The 20th Australian Total Diet Survey, A total diet survey of pesticide residues and contaminants. Food Standards Australia New Zealand, Canberra.
- Gadepalle VP, Ouki SK, Van Herwijnen R, Hutchings T (2007) Immobilization of heavy metals in soil using natural and waste materials for vegetation establishment on contaminated sites. *Soil and Sediment Contamination* 16: 233-251.
- Gallo M, Trento A, Alvarez A, Beldoménico H, Campagnoli D (2006) Dissolved and particulate heavy metals in the Salado River (Santa FE, Argentina). *Water, Air, and Soil Pollution* 174: 367-384.
- Gammons C, Slotton D, Gerbrandt B, Weight W, Young C, McNearney R, Cámac E, Calderon R, Tapia H (2006) Mercury concentrations in fish, water, and stream sediment in the Rio Ramis-Lake Titicaca watershed, Peru. *Science of the Total Environment* 368: 637-648.
- Giammanco S, Ottaviani M, Valenza M, Veschetti E, Principio E, Giammanco G, Pignato S (1998) Major and trace elements geochemistry in the ground waters of a volcanic area: Mount Etna (Sicily). *Water Research* 32: 19-30.
- Gil C, Boluda R, Ramos J (2004) Determination and evaluation of cadmium, lead and nickel in greenhouse soils of Almeria (Spain). *Chemosphere* 55: 1027-1034.



- Gimeno-García E, Andreu V, Boluda R (1999) Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils. *Environmental Pollution* 92: 19-25.
- Goel S (2006) Health risk assessment for a contaminated site: A case study. *Practice Periodical of Hazardous, Toxic, and Radioactive Waste Management* 10: 216-225.
- Granero S, Domingo JL (2002) Levels of metals in soils of Alcala de Henares, Spain: human health risks. *Environment International* 28: 159-164.
- Grimm J, Bessarabov D, Sanderson R (1998) Review of electro-assisted methods for water purification. *Desalination* 115: 285-294.
- Guitart R, Mañosa S, Mateo R (1998) El plumbisme en ocells aquàtics als Països Catalans: diagnosi d'una situació censurable. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural* 66.
- Gustin J-L (2005) Safety of chlorine production and chlorination processes. *Chemical Health and Safety* 12: 5-16.
- Han B, Jeng WL, Chen RY, Fang GT, Hung TC, Tseng RJ (1998) Estimation of target hazard quotients and potential health risks for metals by consumption of seafood in Taiwan. *Archives Of Environmental Contamination And Toxicology* 35: 711-720.
- Hare L, Tessier A, Borgmann U (2003) Metal Sources for Freshwater Invertebrates: Pertinence for Risk Assessment. *Human and Ecological Risk Assessment* 9: 779-793.
- Hatje V, Apte SC, Hales LT, Birch GF (2003) Dissolved trace metal distributions in Port Jackson estuary (Sydney Harbour), Australia. *Marine Pollution Bulletin* 46: 719-730.
- Hawley JK (1985) Assessment of health risk from exposure to contaminated soil. *Risk Analysis* 5: 289-302.
- Heiri O, Lotter A, Lemcke G (2001) Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology* 25: 101-110.
- Hernando MD, Mezcuca M, Fernandez-Alba AR, Barcelo D (2006) Environmental risk assessment of pharmaceutical residues in wastewater effluents, surface waters and sediments. *Talanta* 69: 334-342.
- Herrero Hernandez E, Valentini MC, Discalzi G (2002) T1-weighted hyperintensity in basal ganglia at brain magnetic resonance imaging: are different pathologies sharing a common mechanism? *Neurotoxicology* 23: 669-674.
- Herrero Hernandez E, Discalzi G, Dassi P, Jarre L, Pira E (2003) Manganese intoxication: the cause of an inexplicable epileptic syndrome in a 3 year old child. *Neurotoxicology* 24: 633-639.



- Herrero Hernandez E, Discalzi G, Valentini C, Venturi F, Chio A, Carmellino C, Rossi L, Sacchetti A, Pira E (2006) Follow-up of patients affected by manganese-induced Parkinsonism after treatment with CaNa₂EDTA. *Neurotoxicology* 27: 333-339.
- Higuera P, Oyarzun R, Lillo J, Sanchez-Hernandez JC, Molina JA, Esbri JM, Lorenzo S (2006) The Almaden district (Spain): Anatomy of one of the world's largest Hg-contaminated sites. *Science of The Total Environment* 356: 112-124.
- Hildebrandt A, Lacorte S, Barcelo D (2007) Assessment of priority pesticides, degradation products, and pesticide adjuvants in groundwaters and top soils from agricultural areas of the Ebro river basin. *Analytical and Bioanalytical Chemistry* 387: 1459-1468.
- Hispagua (2006). Ríos de la Costa mediterránea/ Depresión del Ebro. El Sistema Español de Información sobre el Agua. Ministerio de Medio Ambiente. Disponible a: <http://hispagua.cedex.es/>.
- Hogervorst J, Plusquin M, Vangronsveld J, Nawrot T, Cuypers A, Van Hecke E, Roels HA, Carleer R, Staessen JA (2007) House dust as possible route of environmental exposure to cadmium and lead in the adult general population. *Environmental Research* 103: 30-37.
- Holemann JA, Schirmacher M, Prange A (2005) Seasonal variability of trace metals in the Lena River and the southeastern Laptev Sea: Impact of the spring freshet. *Global and Planetary Change* 48: 112-125.
- Hope BK (2006) An examination of ecological risk assessment and management practices. *Environment International* 32: 983-995.
- Hoskins B, Ross D (1995). Recommended Soil Testing Procedures for the Northeastern United States University of Delaware, Newark, DE.
- Hudson-Edwards KA, Jamieson HE, Charnock JM, Macklin MG (2005) Arsenic speciation in waters and sediment of ephemeral floodplain pools, Rios Agrio-Guadiamar, Aznalcollar, Spain. *Chemical Geology* 219: 175-192.
- Huijbregts MAJ (2005) Human-Toxicological Effect and Damage Factors of Carcinogenic and Noncarcinogenic Chemicals for Life Cycle Impact Assessment. *Integrated Environmental Assessment and Management* 1: 181-244.
- IARC (2007). Overall Evaluations of Carcinogenicity to Humans. Agents reviewed by the IARC Monographs. IARC, International Agency for Research on Cancer
- ICC (2006). Mapes continuus. Institut Cartogràfic de Catalunya. Disponible a : <http://www.icc.es/homeang.html>.
- IDESCAT (2006). Base de dades de municipis i comarques. Institut d'Estadística de Catalunya.



- Isidoro D, Quilez D, Aragues R (2006) Environmental impact of irrigation in la violada district (Spain): I. Salt export patterns. *Journal of Environmental Quality* 35: 766-775.
- Jang H-N, Seo Y-C, Lee J-H, Hwang K-W, Yoo J-I, Sok C-H, Kim S-H (2007) Formation of fine particles enriched by V and Ni from heavy oil combustion: Anthropogenic sources and drop-tube furnace experiments. *Atmospheric Environment* 41: 1053-1063.
- Johansson C, Johansson P-A (2003) Particulate matter in the underground of Stockholm. *Atmospheric Environment* 37: 3-9.
- John J, Marianne P (2006). *Ecological Risk Assessment of Contaminated Soil*.
- Johnson D, MacDonald D, Hendershot W, Hale B (2003) Metals in Northern Forest Ecosystems: Role of Vegetation in Sequestration and Cycling, and Implications for Ecological Risk Assessment. *Human and Ecological Risk Assessment* 9: 749-766.
- Jones DS, Suter GW, Hul RN (1997). *Toxicological Benchmarks or Screening Contaminants of Potential Concern for Effects on Sediment-Associated Biota: 1997 Revision, ES/ER/TM-95/R4*. U.S. Department of Energy Office of Environmental Management.
- Kakkar P, Jaffery N (2005) Biological markers for metal toxicity. *Environmental Toxicology and Pharmacology* 19: 335-349.
- Kidd PS, Domínguez-Rodríguez MJ, Díez J, Monterroso C (2007) Bioavailability and plant accumulation of heavy metals and phosphorus in agricultural soils amended by long-term application of sewage sludge. *Chemosphere* 66: 1458-1467.
- Kominkova D, Benesova L (2004a) Environmental Risk Assessment of Heavy Metals in the Kacoba Rives. *Acta Universitatis Carolinae, Environmentalica* 18: 65-81.
- Kominkova D, Benesova L (2004b) Evaluation of the impact (in terms of heavy metals) of highway Prague-Pribram (central Bohemia) on aquatic ecosystems of small streams. *Acta Universitatis Carolinae, Environmentalica* 18: 83-93.
- Koukal B, Dominik, Vignati D, Philippe Arpagaus S, Santiago B, Ouddane L (2004) Assessment of water quality and toxicity of polluted rivers Fez and Sebou in the region of Fez (Morocco). *Environmental pollution* 131.
- Kraus U, Wiegand J (2006) Long-term effects of the Aznalcollar mine spill-heavy metal content and mobility in soils and sediments of the Guadiamar river valley (SW Spain). *Science of the Total Environment* 367: 855-871.
- Lacalle Pareja B, Fernández del Pino Navarro P, González García P, Romero Limón A (2000) Diferencias en la biodisponibilidad de metales pesados entre suelos naturales y suelos contaminados. *Edafología* 7: 251-265.



- Lacalle Pareja B, Fernández del Pino P, González P, Romero Limón A (2003) Estudio de la variabilidad estacional en la movilidad de los metales pesados en suelos de cultivo mediante técnicas liximétricas. *Edafología* 7-3: 55-64.
- Lavado R, Urená R, Martin-Skilton R, Torreblanca A, Del Ramo J, Ralduá D, Porte C (2006) The combined use of chemical and biochemical markers to assess water quality along the Ebro River. *Environmental Pollution* 139: 330-339.
- Lee J, Chon H, Kim K (2005a) Human risk assessment of As, Cd, Cu and Zn in the abandoned metal mine site. *Environmental Geochemistry and Health* 27: 185–191.
- Lee JY, Choi JC, Lee KK (2005b) Variations in heavy metal contamination of stream water and groundwater affected by an abandoned lead-zinc mine in Korea. *Environmental Geochemistry and Health* 27: 237-257.
- Lee SW, Lee BT, Kim JY, Kim KW, Lee JS (2006) Human risk assessment for heavy metals and as contamination in the abandoned metal mine areas, Korea. *Environmental Monitoring and Assessment* 119: 233-244.
- López J, Navarro M, Gonzalez S (2000) Tratamiento de Descontaminación de Materia Organica Residual: Límites Alcanzados en Metales Pesados. *Edafología* 7: 151-157.
- Loredó J, Ordóñez A, Álvarez R (2006) Environmental impact of toxic metals and metalloids from the Munon Cimero mercury-mining area (Asturias, Spain). *Journal of Hazardous Materials* 136: 455-467.
- Luque C, Castellanos E, Castillo J, González M, Vilches M, Figueroa M (2003) Distribución de Metales Pesados en sedimentos de las Marismas de Odiel (Huelva, SO, España) *Cuaternario y Geomorfología* 12: 77-85.
- Luster J, Zimmermann S, Zwicky CN, Lienemann P, Blaser P (2006). Heavy metals in Swiss forest soils: Modification of lithogenic and anthropogenic contents by pedogenetic processes, and implications for ecological risk assessment, *Geological Society Special Publication*.
- Llobet JM, Granero S, Schuhmacher M, Domingo JL (1999) Temporal variation in metal concentrations in soils and vegetation in the vicinity of a municipal solid waste incinerator. *Toxicological and Environmental Chemistry* 71: 63-73.
- Llobet JM, Schuhmacher M, Domingo JL (2000) Observations on metal trends in soil and vegetation samples collected in the vicinity of a hazardous waste incinerator under construction (1996-1998). *Toxicological and Environmental Chemistry* 77: 119-129.
- Llobet JM, Schuhmacher M, Domingo JL (2002) Spatial distribution and temporal variation of metals in the vicinity of a municipal solid waste incinerator after a modernization



of the flue gas cleaning systems of the facility. *Science of the Total Environment* 284: 205-214.

- Llobet JM, Falco G, Casas C, Teixido A, Domingo JL (2003) Concentrations of arsenic, cadmium, mercury, and lead in common foods and estimated daily intake by children, adolescents, adults, and seniors of Catalonia, Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51: 838-842.
- Ma L, Tan F, Harris W (1997) Concentrations and distributions of eleven metals in Florida soils. *Journal of Environmental Quality* 26: 769-775.
- Mañosa S, Mateo R, Guitart R (2001) A review of the effects of agricultural and industrial contamination on the Ebro delta biota and wildlife. *Environment Monitor Assessment* 71: 187-205.
- Marchese M, Ezcurra de Drago I (1999) Use of benthic macroinvertebrates as organic pollution indicators in lotic environments of the Paraná River drainage basin. *Hydrobiologia* 46: 233-255.
- Margui E, Queralt I, Carvalho ML, Hidalgo M (2007) Assessment of metal availability to vegetation (*Betula pendula*) in Pb-Zn ore concentrate residues with different features. *Environmental Pollution* 145: 179-184.
- Mari M, Ferré-Hugué N, Nadal M, Schuhmacher M, Domingo JL (2007) Temporal trends in metal concentrations in soils and herbage collected near a municipal waste incinerator: Human health risks. *Human and Ecological Risk Assessment* 13: 447-472
- Marins RV, de Andrade JB, Pereira PA, Paiva EC, Paraquetti HH (2000) Sampling techniques for the assessment of anthropogenic vapour and particulate mercury in the Brazilian Amazon atmosphere. *Journal of Environmental Monitoring* 2: 325-328.
- Martin JM, Guan DM, Elbaz-Poulichet F, Thomas AJ, Gordeev VV (1993) Preliminary assessment of the distributions of some trace elements (As, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb and Zn) in a pristine aquatic environment: The Lena River estuary (Russia). *Marine Chemistry* 43: 185-199.
- Martinez G, Senior W, Márquez A (2006) Heavy metal speciation in the surface water dissolved fraction of the low watershed and plume of the Manzanares River, Sucre State, Venezuela. *Ciencias Marinas* 32: 239-257.
- Mateo R, Gamez A, Guitart R (1998) Organochlorine residues in hunted wild mallards in the Ebro Delta, Spain. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 60: 134-141.



- McLaren RG, Clucas, LM, Taylor, MD, Hendry, T, (2004) Leaching of macronutrients and metals from undisturbed soils treated with metalspiked sewage sludge 2. Leaching of metals. Australian Journal of Soil Research 42: 459–471.
- Mendoza JA, Barmen G (2006) Assessment of groundwater vulnerability in the Río Artiguas basin, Nicaragua. Environmental Geology 50: 569-580.
- Meneses Benítez M (2002). Model d'Avaluació del Risc sobre la Salut. Aplicació als residents a les rodalies de la incineradora de Montcada i Reixac, Departament d'Enginyeria Química. Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.
- Meneses M, Llobet JM, Granero S, Schuhmacher M, Domingo JL (1999) Monitoring metals in the vicinity of a municipal waste incinerator: Temporal variation in soils and vegetation. Science of the Total Environment 226: 157-164.
- Meteocat (2007). La Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques (XEMA)- Servei Meteorològic de Catalunya Disponible a: http://www.meteocat.com/marcs/marc_dades.html.
- Meybeck M, Lestel L, Bonté P, Moilleron R, Colin J, Rousselot O, Hervé D, de Pontevès C, Grosbois C, Thévenot D (2007) Historical perspective of heavy metals contamination (Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn) in the Seine River basin (France) following a DPSIR approach (1950–2005). Science of the Total Environment 375: 204–231.
- Miller JR, Hudson-Edwards KA, Lechler PJ, Preston D, Macklin MG (2004) Heavy metal contamination of water, soil and produce within riverine communities of the Rio Pilcomayo basin, Bolivia. Science of The Total Environment 320: 189-209.
- Morillo J, Usero J, Gracia I (2002) Partitioning of metals in sediments from the Odiel River (Spain). Environment International 28: 263-271.
- Morselli L, Passarini F, Bartoli M (2002) The environmental fate of heavy metals arising from a MSW incineration plant. Waste Management 22: 875-881.
- Morselli L, Bartoli M, Passarini F, Bernardi E, Brighetti A (2003). Heavy metals as indicators for an integrated environmental monitoring system, in: International Conference on Heavy Metals in the Environment No12, G., FRANCE (26/05/2003) Journal De Physique. IV : JP, II ed. EDP sciences, Les Ulis, FRANCE (1991) (Revue), Grenoble (França).
- Munk J, Faure G (2004) Effects of pH fluctuations on potentially toxic metals in the water and sediment of the Dillon Reservoir, Summit County. Applied Geochemistry 19: 1065-1074.
- Munksgaard NC, Parry DL (2001) Trace metals, arsenic and lead isotopes in dissolved and particulate phases of North Australian coastal and estuarine seawater. Marine Chemistry 75: 165-184.



- Nadal M, Espinosa G, Schuhmacher M, Domingo JL (2004a) Patterns of PCDDs and PCDFs in human milk and food and their characterization by artificial neural networks. *Chemosphere* 54: 1375-1382.
- Nadal M, Schuhmacher M, Domingo JL (2004b) Probabilistic human health risk of PCDD/F exposure: A socioeconomic assessment. *Journal of Environmental Monitoring* 6: 926-931.
- Nadal M, Schuhmacher M, Domingo JL (2004c) Metal pollution of soils and vegetation in an area with petrochemical industry. *Science of the Total Environment* 321: 59-69.
- Nadal M, Bocio A, Schuhmacher M, Domingo JL (2005a) Trends in the levels of metals in soils and vegetation samples collected near a hazardous waste incinerator. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 49: 290-298.
- Nadal M, Bocio A, Schuhmacher M, Domingo JL (2005b) Monitoring metals in the population living in the vicinity of a hazardous waste incinerator: levels in hair of school children. *Biological Trace Element Research* 104: 203-213.
- Nagel I, Lang F, Kaupenjohann M, Pfeffer KH, Cabrera F, Clemente L (2003) Guadiamar toxic flood: Factors that govern heavy metal distribution in soils. *Water, Air, and Soil Pollution* 143: 211-224.
- Navarro A, Carbonell M (2007) Evaluation of groundwater contamination beneath an urban environment: The Besòs river basin (Barcelona, Spain). *Journal of Environmental Management* En Premsa.
- Navas A, Machín J (2002) Spatial distribution of heavy metals and arsenic in soils of Aragón (northeast Spain): Controlling factors and environmental implications *Applied Geochemistry* 17: 961-973
- Navas A, Lindhorfer H (2003) Geochemical speciation of heavy metals in semiarid soils of the central Ebro Valley (Spain). *Environment International* 29: 61-68.
- Neriére E, Guegan H, Bordigoni B, Hautemaniere A, Momas I, Ladner J, Target A, Lameloise P, Delmas V, Personnaz M-B (2007a) Spatial heterogeneity of personal exposure to airborne metals in French urban areas. *Science of The Total Environment* 373: 49-56.
- Neriére E, Guegan H, Bordigoni B, Hautemaniere A, Momas I, Ladner J, Target A, Lameloise P, Delmas V, Personnaz M-B, Koutrakis P, Zmirou-Navier D (2007b) Spatial heterogeneity of personal exposure to airborne metals in French urban areas. *Science of The Total Environment* 373: 49-56.
- Norwood WP, Borgmann U (2003) Effects of Metal Mixtures on Aquatic Biota: A Review of Observations and Methods. *Human and Ecological Risk Assessment* 9: 795-811.
- NRC (1999). *Arsenic in Drinking Water*. National Academy Press Washington, DC.



- Ocampo-Duque W, Ferre-Huguet N, Domingo JL, Schuhmacher M (2006) Assessing water quality in rivers with fuzzy inference systems: a case study. *Environment International* 32: 733-742.
- Oehmen A, Viegas R, Velizarov S, Reis MAM, Crespo JG (2006) Removal of heavy metals from drinking water supplies through the ion exchange membrane bioreactor. *Desalination* 199: 405-407.
- Olivares-Rieumont S, De La Rosa D, Lima L, Graham DW, D'Alessandro K, Borroto J, Martínez F, Sánchez J (2005) Assessment of heavy metal levels in Almendares River sediments - Havana City, Cuba. *Water Research* 39: 3945-3953.
- Ollé Aguilera J (2006). Guia metodològica per l'anàlisi de risc ecològic (ERA) en sòls i aigües subterrànies contaminades per metalls pesants, Enginyeria química. Universitat Politècnica de Catalunya.
- Ordóñez, Kheraiwish D, Polo MJ, Giráldez J, González P (2005) Influencia del Encalado sobre la Movilidad de Metales en un suelo contaminad en el Valle del río Guadamar (Sevilla) *Estudios de la Zona No Saturada del Suelo Vol. VII*. F.J. Samper Calvete y A. Paz González, 2005 VII: 29-32.
- Ordóñez Fernández R, Giráldez Cervera JV, Vanderlinden K, Carbonell Bojollo R, González Fernández P (2007) Temporal and spatial monitoring of the pH and heavy metals in a soil polluted by mine spill. post cleaning effects. *Water, Air, and Soil Pollution* 178: 229-243.
- Oscoz J, Leunda PM, Miranda R, Escala MC (2005) Biological water quality in the River Erro (Navarre, N. Spain) (2001-2002). *Calidad biológica de las aguas en el Río Erro (Navarra, N España) (2001-2002)*: 59-74.
- Otero N, Vitoria L, Soler A, Canals A (2005) Fertiliser characterisation: Major, trace and rare earth elements. *Applied Geochemistry* 20: 1473-1488.
- Ouyang T, Zhu Z, Kuang Y, Huang N, Tan J, Guo G, Gu L, Sun B (2006a) Dissolved trace elements in river water: spatial distribution and the influencing factor, a study for the Pearl River Delta Economic Zone, China. *Environmental Geology* 49: 733-742.
- Ouyang TP, Zhu ZY, Kuang YQ, Huang NS, Tan JJ, Guo GZ, Gu LS, Sun B (2006b) Dissolved trace elements in river water: Spatial distribution and the influencing factor, a study for the Pearl River Delta Economic Zone, China. *Environmental Geology* 49: 733-742.
- Overesch M, Rinklebe J, Broll G, Neue HU (2007) Metals and arsenic in soils and corresponding vegetation at Central Elbe river floodplains (Germany). *Environmental Pollution* 145: 800-812.



- Palanques A, Plana F, Maldonado A (1990) Recent influence of man on the Ebro margin sedimentation system, northwestern Mediterranean Sea. *Marine Geology* 95: 247-263.
- Palanques A, Puig P, Guillen J, Querol X, Alastuey A (1999) Zinc contamination in the bottom and suspended sediments of the Guadalquivir estuary after the Aznalcollar spill (south-western Spain). *Science of the Total Environment* 242: 211-220.
- Pastorok RA, Akcakaya HR, Regan H, Ferson S, Bartell SM (2003) Role of Ecological Modeling in Risk Assessment. *Human and Ecological Risk Assessment* 9: 939-972.
- Paustenbach DJ (2003) Human and Ecological Risk Assessment: Theory and Practice. *Human and Ecological Risk Assessment* 9: 1089-1972.
- Pekey H, Karakas D, Ayberk S, Tolun L, Bakoglu M (2004) Ecological risk assessment using trace elements from surface sediments of Izmit Bay (Northeastern Marmara Sea) Turkey. *Marine Pollution Bulletin* 48: 946-953.
- Perán González J, Herrero J (2001). Detección y localización de fallos en un grupo hidroeléctrico mediante redes neuronales, Congreso Nacional de ingeniería de Proyectos. CARTIF; Centro de Automatización, Robótica, Tecnologías de la Información y de la Fabricación.
- Pérez L, Moreno A, Gonzalez J (2000) Valoración de la Calidad de un suelo en función del Contenido y Disponibilidad de Metales pesados. *Edafología*. 7: 65-73.
- Perrodin Y, Babut M, Bedell J-P, Bray M, Clement B, Delolme C, Devaux A, Durrieu C, Garric J, Montuelle B (2006) Assessment of ecotoxicological risks related to depositing dredged materials from canals in northern France on soil. *Environment International* 32: 804-814.
- Petersen R, Calvin L (1986). *Methods of Soil Analysis*, 2nd ed. Ed. Agronomy
- Poch M (2001). STREAMES: Human effects on nutrient cycling in fluvial ecosystems: The development of an Expert System to assess stream water quality management at reach scale. Institut de Medi Ambient de la Universitat de Girona (IMA-UdG).
- Proctor DM, Otani JM, Finley BL, Paustenbach DJ, Bland JA, Speizer N, Sargent EV (2002) Is hexavalent chromium carcinogenic via ingestion? A weight-of-evidence review. *J Toxicol Environ Health A* 65: 701-746.
- Pruvot C, Douay F, Herve F, Waterlot C (2006) Heavy metals in soil, crops and grass as a source of human exposure in the former mining areas. *Journal of Soils and Sediments* 6: 215-220.
- Querol X, Alastueya A, Viana M, Rodriguez S, Artiñano B, Salvador P, Garcia do Santos S, Fernandez Patier R, Ruiz C, de la Rosa J, Sanchez de la Campae A, Menendezf



M, Gilf J (2004) Speciation and origin of PM10 and PM2.5 in Spain. *Aerosol Science* 35 (2004) 35: 1151–1172.

- Querol X, Minguillón MC, Alastuey A, Monfort E, Mantilla E, Sanz MJ, Sanz F, Roig A, Renau A, Felis C (2007) Impact of the implementation of PM abatement technology on the ambient air levels of metals in a highly industrialised area. *Atmospheric Environment* 41: 1026-1040.

- Ramos L, Fernández MA, González MJ, Hernández LM (1999a) Heavy metal pollution in water, sediments, and earthworms from the Ebro River, Spain. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 63: 305-311.

- Ramos L, González MJ, Hernández LM (1999b) Sequential extraction of copper, lead, cadmium, and zinc in sediments from Ebro river (Spain): Relationship with levels detected in earthworms. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 62: 301-308.

- Ribas-Fito N, Sunyer J, Sala M, Grimalt JO (2003) Changes in concentrations of organochloride compounds in women from Flix, Tarragona [Spain]. *Gaceta Sanitaria* 17: 309-311.

- Rimmer DL, Vizard CG, Pless-Mullooli T, Singleton I, Air VS, Keatinge ZAF (2006) Metal contamination of urban soils in the vicinity of a municipal waste incinerator: One source among many. *Science of The Total Environment* 356: 207-216.

- RNB (2005). Surface water quality network- Réseau national de bassin (Surface water quality network). Ministère de l'environnement - Agence de l'Eau Seine -Normandie. Disponible a www.eau-seinenormandie.fr

- Rodrigues M, Formoso M (2005a) Exposure to Selected Heavy Metals Through Water Ingestion in an Area Under the Influence of Tanneries. *Environmental Geochemistry and Health* 27: 397-408.

- Rodrigues MLK, Formoso MLL (2005b) Exposure to selected heavy metals through water ingestion in an area under the influence of tanneries. *Environmental Geochemistry and Health* 27: 397-408.

- Rodriguez A, Carral Gonzalez M, Martinez Villar R, Alvarez Gonzalez A, Artirena J (2000) Contenido en metales pesados y calidad de suelos en cultivos frutales de la Rioja (España) *Edafología* 7-3: 313-318.

- Rodriguez Martin JA, Arias ML, Grau Corbi JM (2006) Heavy metals contents in agricultural topsoils in the Ebro basin (Spain). Application of the multivariate geochemical methods to study spatial variations. *Environmental Pollution* 144: 1001-1012.

- Rosas H (2001). Estudio de la contaminación por metales pesados en la cuenca del Llobregat. UPC, Universitat Pública de Catalunya.



- Ross D (1995). Recommended Soil Testing Procedures for the Northeastern United States University of Delaware, Newark, DE.
- Rowbotham AL, Levy LS, Shuker LK (2000) Chromium in the environment: an evaluation of exposure of the UK general population and possible adverse health effects. *J Toxicol Environ Health B Crit Rev* 3: 145-178.
- Rufo L, Rodríguez N, Amils R, de la Fuente V, Jiménez-Ballesta R (2007) Surface geochemistry of soils associated to the Tinto River (Huelva, Spain). *Science of the Total Environment* 378: 223–227.
- Ruiz X, Llorente G (1991) Seasonal variation of DDT and PCB accumulation in muscle of carp (*Cyprinus carpio*) and eels (*Angilla anguilla*) from the Ebro Delta, Spain. *Vie et Milieu* 41: 133-140.
- Sadiq R, Husain T, Bose N, Veitch B (2003) Distribution of heavy metals in sediment pore water due to offshore discharges: an ecological risk assessment. *Environmental Modelling & Software* 18: 451-461.
- Samecka-Cymerman A, Kempers AJ (1996) Bioaccumulation of heavy metals by aquatic macrophytes around Wroclaw, Poland. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 35: 242-247.
- Samecka-Cymerman A, Marczonek A, Kempers AJ (1997) Bioindication of heavy metals in soil by liverworts. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 33: 162-171.
- Samecka-Cymerman A, Kempers AJ (1999a) Bioindication of heavy metals by *Mimulus guttatus* from the Czeska Struga stream in the Karkonosze Mountains, Poland. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 63: 65-72.
- Samecka-Cymerman A, Kempers AJ (1999b) Bioindication of heavy metals in the town Wroclaw (Poland) with evergreen plants. *Atmospheric Environment* 33: 419-430.
- Samecka-Cymerman A, Kempers AJ (2001a) Bioindication of heavy metals with aquatic macrophytes: The case of a stream polluted with power plant sewages in Poland. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A* 62: 57-67.
- Samecka-Cymerman A, Kempers AJ (2001b) Concentrations of heavy metals and plant nutrients in water, sediments and aquatic macrophytes of anthropogenic lakes (former open cut brown coal mines) differing in stage of acidification. *Science of the Total Environment* 281: 87-98.
- Samecka-Cymerman A, Kempers AJ (2003) Biomonitoring of water pollution with *Elodea canadensis*. A case study of three small polish rivers with different levels of pollution. *Water, Air, and Soil Pollution* 145: 139-153.



- Samecka-Cymerman A, Kempers AJ (2004) Toxic metals in aquatic plants surviving in surface water polluted by copper mining industry. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 59: 64-69.
- Samecka-Cymerman A, Kolon K, Kempers AJ (2005) Bioaccumulation of heavy metals in aquatic bryophytes from streams in the Sudeten Mountains (Poland, Czech Republic) and the source area of the Ebro (Spain). *Ecohydrology and Hydrobiology* 5: 205-213.
- Sarica J, Amyot M, Hare L (2004) An easy method to measure total particulate Hg in water without chemical digestion. *Water, Air, and Soil Pollution* 151: 3-10.
- Schuhmacher M, Domingo JL, Bosque MA, Corbella J (1992) Heavy metals in marine species from the Tarragona Coast, Spain. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Environmental Science and Engineering* 27: 1939-1948.
- Schuhmacher M, Domingo JL, Llobet JM, Corbella J (1993) Evaluation of the effect of temperature, pH, and bioproduction on Hg concentration in sediments, water, molluscs and algae of the delta of the Ebro river. *Science of the Total Environment Suppl Pt 1*: 117-125.
- Schuhmacher M, Domingo JL, Llobet JM, Corbella J (1995) Variations of heavy metals in water, sediments, and biota from the delta of Ebro river, Spain. *Journal of Environmental Science and Health - Part A Environmental Science and Engineering and Toxic and Hazardous Substance Control* 30: 1361-1372.
- Schuhmacher M, Belles M, Rico A, Domingo JL, Corbella J (1996) Impact of reduction of lead in gasoline on the blood and hair lead levels in the population of Tarragona Province, Spain, 1990-1995. *Science of the Total Environment* 184: 203-209.
- Schuhmacher M, Granero S, Llobet JM, de Kok HAM, Domingo JL (1997a) Assessment of baseline levels of PCDD/F in soils in the neighbourhood of a new hazardous waste incinerator in Catalonia, Spain. *Chemosphere* 35: 1947-1958.
- Schuhmacher M, Xifro A, Llobet JM, de Kok HA, Domingo JL (1997b) PCDD/Fs in soil samples collected in the vicinity of a municipal solid waste incinerator: human health risks. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology* 33: 239-246.
- Schuhmacher M, Domingo JL, Llobet JM, Sunderhauf W, Muller L (1998a) Temporal variation of PCDD/F concentrations in vegetation samples collected in the vicinity of a municipal waste incinerator (1996-1997). *Science of the Total Environment* 218: 175-183.
- Schuhmacher M, Domingo JL, Granero S, Llobet JM, Eljarrat E, Rivera J (1999) Soil monitoring in the vicinity of a municipal solid waste incinerator: Temporal variation of PCDD/Fs. *Chemosphere* 39: 419-429.



- Schuhmacher M, Meneses M, Xifro A, Domingo JL (2001) The use of Monte-Carlo simulation techniques for risk assessment: study of a municipal waste incinerator. *Chemosphere* 43: 787-799.
- Schuhmacher M, Bocio A, Agramunt MC, Domingo JL, de Kok HA (2002) PCDD/F and metal concentrations in soil and herbage samples collected in the vicinity of a cement plant. *Chemosphere* 48: 209-217.
- Schuhmacher M, Agramunt MC, Bocio A, Domingo JL, de Kok HA (2003) Annual variation in the levels of metals and PCDD/PCDFs in soil and herbage samples collected near a cement plant. *Environment International* 29: 415-421.
- Schuhmacher M, Domingo JL, Garreta J (2004) Pollutants emitted by a cement plant: health risks for the population living in the neighborhood. *Environmental Research* 95: 198-206.
- Schuhmacher M, Domingo JL (2005) Long-term study of environmental levels of dioxins and furans in the vicinity of a municipal solid waste incinerator. *Environment International* 213-224.
- SedNet (2004). The SedNet Booklet - Final Version: Contaminated Sediments in European River Basins, in: EVK1-CT-2001-20002 (Ed.). SEDNET - European Sediment Research. Network.
- Segura-Munoz S, Bocio A, Trevilato TM, Takayanagui AM, Domingo JL (2004) Metal concentrations in soil in the vicinity of a municipal solid waste landfill with a deactivated medical waste incineration plant, Ribeirao Preto, Brazil. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 73: 575-582.
- Segura-Muñoz S, Beltramini Trevilato T, Takayanagui A (2003) Metales pesados en agua de bebederos de presión. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 53: 59-64.
- Sekizawa J, Tanabe S (2005) A comparison between integrated risk assessment and classical health/environmental assessment: Emerging beneficial properties. *Toxicology and Applied Pharmacology* 207: 617-622.
- Semenzin E, Temminghoff EJM, Marcomini A Improving ecological risk assessment by including bioavailability into species sensitivity distributions: An example for plants exposed to nickel in soil. *Environmental Pollution* In Press, Corrected Proof.
- Sexton K (1992) The role of scientific research in risk assessment and risk management decisions. *Otolaryngol Head Neck Surg* 106: 635-641.
- Sexton K, Callahan MA, Bryan EF (1995) Estimating exposure and dose to characterize health risks: the role of human tissue monitoring in exposure assessment. *Environmental Health Perspectives* 103 Suppl 3: 13-29.



- Shan C, Javandel I (2005) A multilayered box model for calculating preliminary remediation goals in soil screening. *Risk Analysis* 25: 339-349.
- Shiller AM (1997) Dissolved trace elements in the Mississippi River: Seasonal, interannual, and decadal variability. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61: 4321-4330.
- Sierra C, Martínez F, Roca A, Mamani A, Saura L (2000) Análisis de la Materia Orgánica, Hierro y manganeso en los suelos del Karst Sierra Gorda-Zafarraya (Granada-España) *Edafología*. 7: 65-73.
- Smith R (1994) Use of Monte Carlo Simulation for Human Exposure Assessment at a Superfund Site *Risk Analysis* 14: 433-439.
- Smith RL (1996) Risk-based concentrations: prioritizing environmental problems using limited data. *Toxicology* 106: 243-266.
- Sonnemann GW, Schuhmacher M, Castells F (2003) Uncertainty assessment by a Monte Carlo simulation in a life cycle inventory of electricity produced by a waste incinerator. *Journal of Cleaner Production* 11: 279-292.
- Srivastava A, Jain VK (2007) A study to characterize the suspended particulate matter in an indoor environment in Delhi, India. *Building and Environment* 42: 2046-2052.
- Sullivan J, Krieger G (2001). *Environmental Sciences: Pollutant Fate and Transport in the Environment*. Clinical Environmental Health and Toxic Exposures. Lippincott William and Wilkins, Philadelphia.
- Suter G, Tsao C (1996). *Toxicological Benchmarks for Screening Potential Contaminants of Concern for Effects on Aquatic Biota*, ES/ER/TM-96/R2. U.S. Department of Energy Office of Environmental Management, Tennessee.
- Suter GW, Vermeire T, Munns WR, Sekizawa J (2003) Framework for the Integration of Health and Ecological Risk Assessment. *Human and Ecological Risk Assessment* 9: 281-301.
- Szymanowska A, Samecka-Cymerman A, Kempers AJ (1999) Heavy metals in three lakes in West Poland. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 43: 21-29.
- Tack F, Verloo M, Vanmechelen L, Van Ranst E (1997) Baseline concentration levels of trace elements as a function of clay and organic carbon contents in soils in Flanders (Belgium). *Science of the Total Environment* 201: 113-123.
- Tahri M, Benyaïch F, Bounakhla M, Bilal E, Gruffat JJ, Moutte J, Garcia D (2005) Multivariate analysis of heavy metal contents in soils, sediments and water in the region of Meknes (Central Morocco). *Environmental Monitoring and Assessment* 102: 405-417.



- Tamasi G, Cini R (2004) Heavy metals in drinking waters from Mount Amiata (Tuscany, Italy). Possible risks from arsenic for public health in the Province of Siena. *Science of The Total Environment* 327: 41-51.
- Terrado M, Barcelo D, Tauler R (2006) Identification and distribution of contamination sources in the Ebro river basin by chemometrics modelling coupled to geographical information systems. *Talanta* 70: 691-704.
- Tobias FJ, Bech J, Algarra PS (1997) Establishment of the background levels of some trace elements in soils of NE Spain with probability plots. *Science of The Total Environment* 206: 255-265.
- Tokalloglu S, Kartal S (2006) Multivariate analysis of the data and speciation of heavy metals in street dust samples from the Organized Industrial District in Kayseri (Turkey). *Atmospheric Environment* 40: 2797-2805.
- Toribio M, Romana J (2006) Leaching of heavy metals (Cu, Ni and Zn) and organic matter after sewage sludge application to Mediterranean forest soils. *Science of the Total Environment* 363: 11-21.
- Torrecilla N, Galvé J, Zaera L, Retamar J, Alvarez N (2005) Nutrient sources and dynamics in a Mediterranean fluvial regime (Ebro River, NE Spain) and their implications for water management *Journal of hydrology* 304: 166-182
- UE Commission, 2006. Technical Guidance Document, edition 2, Part I, Human Health., in: Bureau, E.C. (Ed.), EUR 20418 EN/1. Institute for Health and Consumer Protection.
- UNSCEAR (2000). Sources, effects and risks of ionizing radiation., UNSCEAR 2000 report to the General Assembly. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation, New York,.
- US EPA (1989a). Exposure Factors Handbook. EPA/600/P-03/002A. National Center for Environmental Assessment, US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- US EPA (1989b). Risk Assessment Guidance for Superfund Volume I Human Health Evaluation Manual (Part A), EPA/540/1-89/002. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- US EPA (1992a). Secondary Drinking Water Regulations: Guidance for Nuisance Chemicals EPA 810/K-92-001. Environmental Protection Agency, Washington.
- US EPA (1992b). Dermal Exposure Assessment: Principles and Applications. EPA/600/8-91/011B. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.



- US EPA (1993). Great Lakes Water Quality Initiative Criteria documents for the protection of aquatic life in ambient water (February 1993 Draft). B93-154656. National Technical Information Service, Springfield.
- US EPA (1996). Quantitative Uncertainty Analysis of Superfund Residential Risk Pathway Models for Soil and Groundwater: White Paper. U.S. Department of Energy, US Environmental Protection Agency, Oak Ridge, Tennessee.
- US EPA (1998a). Risk Assessment Guidance for Superfund Volume II. Environmental Evaluation Manual. Interim Final, EPA/540/1-89/001. US EPA.
- US EPA (1998b). EPA Ecological Related Guidance. The Risk Assessment Information System (RAIS), EPA/630/R-95/002F. US EPA.
- US EPA (1998c). Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers, EPA 841-D-97-002. US Environmental Protection Agency, Washington.
- US EPA (1999). Guidance for Conducting Risk Assessments and Related Risk Activities for the DOE-ORO Environmental Management Program, BJC/OR-271. US EPA.
- US EPA (2001a). Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I. Human Health Evaluation Manual (Part D). Publ 285.7-47, US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USA EPA (2001b). Framework for cumulative risk assessment. Review draft, NCEA-F-1098. Environmental Protection Agency, Washington.
- US EPA (2002a). Risk assessment and modeling overview document. In Great Lakes National Program Office – ARCS Program, Assessment and remediation of contaminated sediments. Environmental Protection Agency, Washington.
- US EPA (2002b). Draft Action Plan for the Development of a Framework for Metals Assessment and Guidance for Characterizing and Ranking Metals (External Review Draft), EPA/630/P-02/003A U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC,.
- US EPA (2003a). List of Drinking Water Contaminants & MCLs (EPA 816-F-03-016). Environmental Protection Agency.
- US EPA (2003b). Sediment Quality Guidelines. Environmental Protection Agency, Washington.
- US EPA (2004a). Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories. 822-R-04-005. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- US EPA (2004b). Preliminary Remediation Goals. Disponible a : <http://www.epa.gov/region09/waste/sfund/prg/index.html> .
- US EPA (2004c) Framework for Inorganic Metals Risk Assessment (External Review Draft). EPA/630/P-04/068B .U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.



- US EPA (2005a). The Risk Assessment Information System. RAIS. U.S. Environmental Protection Agency. Washington, DC.
- US EPA (2005b). Ecological Soil Screening Level (Eco-SSL) Guidance. United States Environmental Protection Agency. OSWER Directive 9285.7-55. Office of Solid Waste and Emergency Response. Washington, D.C. , EPA/540/1-89/001. US EPA.
- US EPA (2006a). Tools for Human Health Risk Assessment. US Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- US EPA (2006b). Edition of the Drinking Water Standards and Health Advisories 2006, EPA 822-R-06-013. Office of Water, U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC.
- USA EPA (2007). Integrated Risk Information System, NCEA-F-1098. Environmental Protection Agency, Washington.
- van Beusekom OC, Eljarrat E, Barcelo D, Koelmans AA (2006) Dynamic modeling of food-chain accumulation of brominated flame retardants in fish from the Ebro River Basin, Spain. *Environmental Toxicology and Chemistry* 25: 2553-2560.
- Vericat Querol D (2005). Transport de sediment i processos associats en un riu altament regulat. El tram baix del riu Ebre, NE Península Ibérica, MACS Medi Ambient i Ciències del Sòl- Universitat de Lleida, Lleida.
- Vesanto J, Himberg J, Alhoniemi E, Parhankangas J (1999). Self-organizing map in Matlab: the SOM Toolbox, Proceedings of the MatLab DSP Conference. November 16-17, Espoo, Finland.
- Vidal M, Melgar J, López M, Santoalla M (2000) Spatial and temporal hydrochemical changes in groundwater under the contaminating effects of fertilizers and wastewater. *Journal of Environmental Management* 60: 215–225.
- Villarés R (2003) Heavy metals in sandy sediments of the Rias Baixas (NW Spain). *Environmental Monitoring and Assessment* 83: 129-144.
- Viñas A (2006). El temps a Porrera (Priorat- Tarragona-Catalunya), Disponible a: <http://previsions.webcindario.com/index.html> ,
- Wang TY, Lu YL, Luo W, Shi YJ (2006) Heavy metal and pesticide residues in soils around the Guanting Reservoir and environmental risk assessment. *Journal of Ecology and Rural Environment* 22: 57-61.
- Wanga X, Satoa T, Baoshan X, Taob S (2005) Health risks of heavy metals to the general public in Tianjin, China via consumption of vegetables and fish. *Science of the Total Environment* 350: 28– 37.



- WDRN (2003). Consensus-Based Sediment Quality Guidelines, Recommendations for Use & Application, Interim Guidance, WT-732 2003. Wisconsin Department of Natural Resources, Madison.
- OMS (2004). Manganese in Drinking-water, WHO/SDE/WSH/03.04/104. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
- OMS (2005). Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre. WHO/SDE/PHE/OEH/06.02, Air quality guidelines. Organización Mundial de la Salud - World Health Organization Ginebra (Suïssa).
- Woodruff TJ, Caldwell J, Cogliano VJ, Axelrad DA (2000) Estimating cancer risk from outdoor concentrations of hazardous air pollutants in 1990. Environ Res 82: 194-206.
- XEMA (2007). La Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques (XEMA). Disponible a http://www.meteocat.com/marcs/marc_xemec.html
- Xiaoli C, Shimaoka T, Xianyan C, Qiang G, Youcai Z Characteristics and mobility of heavy metals in an MSW landfill: Implications in risk assessment and reclamation. Journal of Hazardous Materials In Press, Corrected Proof.
- XVPCA (2007). Xarxa de Vigilància i Previsió de la Contaminació Atmosfèrica de Catalunya. Generalitat de Catalunya- Departament de MediAmbient i Habitage.
- Zauyah S, Juliana B, Noorhafizah R, Fauziah C, Rosenani A (2004). Concentration and Speciation of Heavy Metals in Some Cultivated and Uncultivated Ultisols and Inceptisols in Peninsular Malaysia, SuperSoil 2004 Sydney (Australia).
- Zhao B, Maeda M, Zhang J, Zhu A, Ozaki Y (2006) Accumulation and chemical fractionation of heavy metals in andisols after a different, 6-year fertilization management. Environmental Science and Pollution Research 13: 90-97.



Núria Ferré Huguet
ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

ANNEX 1- PROPIETATS FÍSICO-QUÍMIQUES DE L'AIGUA FLUVIAL



Núria Ferré Huguet
ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A1.1 – Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial. Riu Ebre, març del 2005.

CODI	TRAM	Data	T^a ambient °C	T^a aigua °C	pH	Conductivitat µS/cm	PTS mg/L	O₂ dissolt mg O₂/L	Nitrats mg NO₃⁻/L	Nitrits mg NO₂⁻/L
1A1	1	Març 2005	17.50	9.90	8.64	744.0	0.07	8.80	25	0.0
1A2	1	Març 2005	19.30	8.30	8.59	818.0	0.38	8.70	50	0.0
1A3	1	Març 2005	17.80	8.50	8.68	860.0	0.19	12.00	0.1	0.1
1A4	2	Març 2005	19.70	10.03	8.71	949.0	0.69	9.20	25	0.0
1A5	2	Març 2005	15.00	9.90	8.60	959.0	1.27	7.00	25	0.1
1A6	2	Març 2005	12.90	11.50	8.38	855.0	1.27	6.70	25	0.1
1A7	3	Març 2005	16.00	10.90	8.80	1018.0	2.53	8.50	10	0.0
1A8	3	Març 2005	13.10	11.80	8.46	933.0	3.51	9.50	10	0.0
1A10	4	Març 2005	15.20	12.80	8.82	966.0	3.23	8.90	25	0.0
1A11	4	Març 2005	18.30	14.20	8.80	924.0	2.41	8.50	25	0.0
1A22	6	Març 2005	23.30	15.10	8.95	938.0	2.48	8.80	25	0.1
1A23	6	Març 2005	19.40	14.30	8.84	911.0	3.50	7.80	25	0.1
1A24	6	Març 2005	14.01	18.20	8.20	4151.0	4.70	8.40	0	0.0
1A25	6	Març 2005	14.00	16.80	8.27	4109.0	4.70	8.20	0	0.0
1A26	6	Març 2005	20.03	17.50	8.27	8046.0	4.40	7.00	0	0.0
1A27	6	Març 2005	20.00	17.50	8.13	2520.0	4.40	7.40	0	0.0
1A28	6	Març 2005	18.30	15.00	8.15	4008.0	0.18	7.40	0	0.0
1A29	4	Març 2005	18.90	16.10	8.45	8775.0	0.88	7.60	0	0.0
1A30	4	Març 2005	17.80	15.40	8.54	1572.0	0.98	7.50	25	0.0

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-1111-1 **Taula A1.1 (Continuació) – Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial. Riu Ebre, març del 2005.**

CODI	TRAM	Data	Ortofosfats mg PO₄²⁻/L	P total mg P/L	Amoni mg NH₄⁺/L	Duresa °F mmol/L	Clorurs mg Cl-/L	TOC %
1A1	1	Març 2005	0.06	0.18	0.30	45.8	22.37	0.23
1A2	1	Març 2005	0.25	0.08	0.50	36.7	16.97	0.13
1A3	1	Març 2005	0.18	0.06	0.60	36.2	15.48	0.11
1A4	2	Març 2005	0.14	0.05	0.75	36.7	17.36	0.10
1A5	2	Març 2005	0.14	0.05	0.40	41.2	17.77	0.10
1A6	2	Març 2005	0.18	0.06	0.60	41.7	19.48	0.11
1A8	3	Març 2005	0.18	0.06	0.40	37.6	18.89	0.11
1A9	3	Març 2005	0.18	0.06	0.60	36.2	16.21	0.11
1A10	4	Març 2005	0.25	0.08	0.60	37.6	15.84	0.13
1A11	4	Març 2005	0.18	0.06	0.60	34.9	16.97	0.11
1A22	6	Març 2005	0.25	0.08	0.60	36.2	17.36	0.13
1A23	6	Març 2005	0.34	0.11	0.40	756.5	234.2	0.16
1A24	6	Març 2005	0.43	0.14	0.60	779.2	117.4	0.19
1A25	6	Març 2005	0.34	0.11	0.30	788.2	131.7	0.16
1A26	6	Març 2005	0.14	0.05	0.75	638.7	66.02	0.10
1A27	6	Març 2005	0.09	0.03	0.80	756.5	162.1	0.08
1A28	6	Març 2005	0.34	0.11	0.75	819.9	228.1	0.16
1A29	4	Març 2005	0.03	0.09	0.75	43.5	281.6	0.15
1A30	4	Març 2005	0.03	0.09	0.75	49.5	282.6	0.15

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-1100-0 **Taula A1.2. Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial. Riu Ebre, març del 2006.**

CODI	TRAM	Data	T^a ambient °C	T^a aigua °C	pH	Conductivitat µS/cm	PTS mg/L	O₂ dissolt mg O ₂ /L	Nitrats mg NO ₃ ⁻ /L	Nitrits mg NO ₂ ⁻ /L
1A1	1	Març 2006	13.08	8.00	8.08	825.7	0.50	8.36	25	0.1
1A2	1	Març 2006	12.46	8.14	8.07	850.0	0.68	8.88	0	0.0
1A3	1	Març 2006	14.09	8.88	7.99	843.0	0.92	7.43	0	0.0
1A4	2	Març 2006	11.80	8.77	8.13	923.8	1.78	7.24	0	0.0
1A5	2	Març 2006	11.56	9.42	7.87	835.5	1.64	7.57	25	0.0
1A6	2	Març 2006	12.75	9.34	8.23	927.1	2.69	8.13	0	0.1
1A7	3	Març 2006	11.80	9.60	8.07	867.8	1.64	8.41	0	0.0
1A8	3	Març 2006	13.27	10.25	8.30	889.7	2.67	8.27	25	0.0
1A10	4	Març 2006	15.40	10.90	8.24	857.5	2.76	7.62	0	0.0
1A11	4	Març 2006	18.20	11.40	8.01	2378.0	3.36	8.04	0	0.1
1A22	6	Març 2006	15.97	10.97	8.00	2345.8	3.83	7.48	0	0.0
1A23	6	Març 2006	15.27	12.51	7.70	5699.5	4.25	7.20	25	0.0
1A24	6	Març 2006	14.60	11.88	7.66	3097.7	4.25	7.29	0	0.0
1A25	6	Març 2006	17.79	12.21	7.67	5632.7	2.14	6.73	0	0.0
1A26	6	Març 2006	17.77	12.15	7.75	5278.0	2.47	7.01	0	0.0
1A27	6	Març 2006	15.78	10.97	7.80	2607.5	0.54	6.96	0	0.0
1A28	6	Març 2006	16.59	11.64	7.73	4450.7	0.47	8.09	0	0.0
1A29	4	Març 2006	15.73	11.35	7.77	1120.4	0.69	7.41	0	0.0
1A30	4	Març 2006	13.08	8.00	8.08	825.7	0.50	8.36	25	0.1

Núria Ferré Hugué

ISBN: 978-84-691-1111-1 **Taula A1.2 (Continuació) – Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial. Riu Ebre, març del 2006.**

CODI	TRAM	Data	Ortofosfats mg PO₄³⁻/L	P total mg P/L	Amoni mg NH₄⁺/L	Duresa °F mmol/L	Clorurs mg Cl-/L	TOC %
1A1	1	Març 2006	0.25	0.08	0.5	36.69	16.97	0.13
1A2	1	Març 2006	0.18	0.06	0.6	36.24	15.48	0.11
1A3	1	Març 2006	0.14	0.05	0.75	36.69	17.36	0.10
1A4	2	Març 2006	0.14	0.05	0.4	41.22	17.77	0.10
1A5	2	Març 2006	0.18	0.06	0.6	41.68	19.48	0.11
1A6	2	Març 2006	0.06	0.18	0.3	45.75	22.37	0.23
1A7	3	Març 2006	0.25	0.08	0.5	36.69	16.97	0.13
1A8	3	Març 2006	0.18	0.06	0.6	36.24	15.48	0.11
1A10	4	Març 2006	0.14	0.05	0.75	36.69	17.36	0.10
1A11	4	Març 2006	0.14	0.05	0.4	41.22	17.77	0.10
1A22	6	Març 2006	0.18	0.06	0.6	36.24	15.48	0.11
1A23	6	Març 2006	0.14	0.05	0.75	36.69	17.36	0.10
1A24	6	Març 2006	0.14	0.05	0.4	41.22	17.77	0.10
1A25	6	Març 2006	0.18	0.06	0.6	41.68	19.48	0.11
1A26	6	Març 2006	0.18	0.06	0.75	37.15	22.37	0.11
1A27	6	Març 2006	0.18	0.06	0.4	37.60	18.89	0.11
1A28	6	Març 2006	0.18	0.06	0.6	36.24	16.21	0.11
1A29	4	Març 2006	0.25	0.08	0.6	37.60	15.84	0.13
1A30	4	Març 2006	0.20	0.06	0.55	33.87	14.70	0.11

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-1100-0 **Taula A1.3. Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial. Rius Siurana, Montsant i Cortiella, gener i abril del 2006**

CODI	TRAM	Data	Tª ambient	Tª aigua	pH	Conductivitat	PTS	O ₂ dissolt	Nitrats	Nitrats
			°C	°C						
			°C	°C		µS/cm	mg/L	mg O ₂ /L	mg NO ₃ /L	mg NO ₂ /L
1A12	5	Gener 06	13.30	10.70	8.34	646.0	3.35	8.7	0	0.0
1A13	5	Gener 06	17.00	10.10	8.19	543.0	3.85	9.9	10	0.0
1A15	5	Gener 06	13.00	11.50	8.15	389.0	4.46	9.3	10	0.0
1A14	5	Gener 06	11.00	10.30	8.25	479.0	2.00	9.6	10	0.0
1A16	5	Gener 06	8.10	13.00	8.37	457.0	5.15	9.6	10	0.1
1A17	5	Gener 06	16.50	15.30	8.14	592.0	1.36	8.7	0	0.0
1A18	5	Gener 06	23.00	24.20	7.93	633.0	1.13	9.1	10	0.0
1A19	5	Gener 06	22.00	24.70	8.19	490.0	1.42	9.3	10	0.0
1A20	5	Gener 06	25.80	23.50	8.28	543.0	1.29	9.7	10	0.0
1A21	5	Gener 06	18.40	16.30	7.92	430.0	1.40	9.6	10	0.1
2A12	5	Abril 06	4.00	9.50	8.05	495.0	2.97	9	10	0.0
2A13	5	Abril 06	0.00	8.90	7.73	248.0	1.36	9.1	10	0.0
2A15	5	Abril 06	14.00	13.20	8.19	476.0	2.00	9.1	10	0.0
2A14	5	Abril 06	8.30	12.40	8.25	451.0	4.45	9.7	10	0.0
2A16	5	Abril 06	9.00	10.50	8.12	539.0	4.22	9.8	10	0.0
2A17	5	Abril 06	17.30	15.50	7.98	488.0	1.58	9.3	10	0.0
2A18	5	Abril 06	26.50	18.90	7.73	248.0	1.49	9.6	10	0.0
2A19	5	Abril 06	26.20	22.70	8.30	625.0	1.41	9.1	10	0.0
2A20	5	Abril 06	18.40	14.50	7.95	451.0	1.76	9.7	10	0.0
2A21	5	Abril 06	19.10	18.20	8.19	535.0	1.57	9.8	10	0.0

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A1.3 (Continuació) – Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial. Rius Siurana, Montsant i Cortiella, gener i abril del 2006

CODI	TRAM	Data	Ortofosfats	P total	Amoni	Duresa °F	Clorurs	TOC
			mg PO ²⁻ ₄ /L	mg P/L	mg NH ₄ ⁺ /L	mmol/L	mg Cl-/L	%
1A12	5	Gener 06	0.14	0.05	0.75	370	57.52	0.10
1A13	5	Gener 06	0.18	0.06	0.6	250	75.21	0.11
1A15	5	Gener 06	0.25	0.08	0.6	125	83.46	0.13
1A14	5	Gener 06	0.25	0.08	0.6	250	149.4	0.13
1A16	5	Gener 06	0.43	0.14	0.9	250	925.9	0.19
1A17	5	Gener 06	0.14	0.05	0.75	370	17.42	0.10
1A18	5	Gener 06	0.18	0.06	0.6	250	14.54	0.11
1A19	5	Gener 06	0.25	0.08	0.6	125	16.49	0.13
1A20	5	Gener 06	0.25	0.08	0.6	250	18.27	0.13
1A21	5	Gener 06	0.43	0.14	0.9	250	14.19	0.19
2A12	5	Abril 06	0.18	0.06	0.4	250	18.25	0.11
2A13	5	Abril 06	0.25	0.08	0.6	100	45.04	0.13
2A15	5	Abril 06	0.14	0.05	0.75	250	94.02	0.10
2A14	5	Abril 06	0.14	0.05	0.4	250	210.7	0.10
2A16	5	Abril 06	0.25	0.08	0.6	250	498.6	0.13
2A17	5	Abril 06	0.18	0.06	0.4	250	14.37	0.11
2A18	5	Abril 06	0.25	0.08	0.6	100	15.55	0.13
2A19	5	Abril 06	0.25	0.08	0.75	250	18.53	0.13
2A20	5	Abril 06	0.14	0.05	0.4	250	15.54	0.10
2A21	5	Abril 06	0.25	0.08	0.6	250	14.53	0.13

Taula A1.4 – Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial. Rius Siurana, Montsant i Cortiella, octubre del 2006, gener i abril del 2007.

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

CODI	TRAM	Data	Tª ambient	Tª aigua	pH	Conductivitat	PTS	O ₂ dissolt	Nitrats	Nitrits
			°C	°C						
						µS/cm	mg/L	mg O ₂ /L	mg NO ₃ ⁻ /L	mg NO ₂ ⁻ /L
3A12	5	Octubre 06	15.90	11.72	7.42	557.7	2.12	7.84	0	0.0
3A13	5	Octubre 06	16.40	11.74	7.22	442.8	2.05	8.24	10	0.0
3A15	5	Octubre 06	23.60	16.07	7.26	529.7	2.24	8.56	10	0.0
3A14	5	Octubre 06	22.70	13.32	6.96	223.4	1.28	8.42	10	0.0
3A16	5	Octubre 06	23.35	16.45	7.36	3960	2.65	8.38	10	0.0
3A17	5	Octubre 06	24.45	15.50	7.43	496.0	1.54	8.20	10	0.0
3A18	5	Octubre 06	24.65	15.89	7.45	460.4	1.48	8.69	10	0.0
3A19	5	Octubre 06	16.45	11.23	7.30	406.3	2.80	8.74	10	0.0
3A20	5	Octubre 06	17.35	12.11	7.34	399.6	2.95	8.65	10	0.1
3A21	5	Octubre 06	18.65	13.20	7.35	483.8	2.61	8.83	10	0.0
4A12	5	Gener 07	10.83	7.51	7.01	517.9	1.57	7.45	0	0.0
4A13	5	Gener 07	11.04	7.44	6.85	419.3	1.63	7.90	10	0.0
4A15	5	Gener 07	15.55	9.15	6.84	523.8	1.52	7.95	10	0.0
4A14	5	Gener 07	14.12	7.95	6.62	212.4	1.25	8.12	10	0.0
4A16	5	Gener 07	15.61	9.34	7.00	399.1	1.83	7.96	10	0.0
4A17	5	Gener 07	15.67	8.99	7.08	504.9	1.33	7.79	10	0.0
4A18	5	Gener 07	15.90	9.15	7.08	452.0	1.25	8.29	10	0.0
4A19	5	Gener 07	10.85	7.26	6.87	386.2	2.05	8.31	10	0.0
4A20	5	Gener 07	11.55	7.63	6.87	373.7	1.96	8.22	10	0.1
4A21	5	Gener 07	12.49	8.06	7.00	458.9	1.88	8.39	10	0.0
5A12	5	Abril 07	13.73	11.46	6.50	484.5	1.66	6.89	0	0.0
5A13	5	Abril 07	14.24	11.53	6.34	388.3	1.66	7.27	10	0.0
5A14	5	Abril 07	19.37	16.76	6.35	474.5	1.69	7.44	10	0.0
5A17	5	Abril 07	20.41	13.49	6.12	196.3	1.14	7.45	10	0.0
5A16	5	Abril 07	18.90	17.10	6.47	358.1	2.02	7.36	10	0.0

Taula A1.4 (Continuació) – Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial. Rius Siurana, Montsant i Cortiella, octubre del 2006, gener i abril del 2007.

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

CODI	Ortofosfats	P total	Amoni	Duresa °F	Clorurs	TOC
	mg PO ₄ ²⁻ /L	mg P/L	mg NH ₄ ⁺ /L	mmol/L	mg Cl-/L	%
3A12	0.14	0.05	0.75	370	15.20	0.10
3A13	0.25	0.08	0.6	250	111.4	0.13
3A15	0.14	0.05	0.4	250	155.7	0.10
3A14	0.25	0.08	0.6	100	110.3	0.13
3A16	0.25	0.08	0.6	250	87.54	0.13
3A17	0.14	0.05	0.75	370	101.0	0.10
3A18	0.25	0.08	0.6	250	173.1	0.13
3A19	0.18	0.06	0.6	250	226.0	0.11
3A20	0.25	0.08	0.6	100	249.8	0.13
3A21	0.25	0.08	0.6	250	132.6	0.13
4A12	0.25	0.08	0.75	250	18.53	0.13
4A13	0.25	0.08	0.6	250	18.27	0.13
4A15	0.18	0.06	0.6	250	14.54	0.11
4A14	0.43	0.14	0.9	250	14.19	0.19
4A16	0.25	0.08	0.6	250	14.53	0.13
4A17	0.25	0.08	0.75	250	18.53	0.13
4A18	0.25	0.08	0.6	250	111.4	0.13
4A19	0.14	0.05	0.4	250	155.7	0.10
4A20	0.43	0.14	0.9	250	14.19	0.19
4A21	0.25	0.08	0.6	250	87.54	0.13
5A12	0.14	0.05	0.75	370	101.1	0.10
5A13	0.25	0.08	0.6	250	111.4	0.13
5A14	0.18	0.06	0.6	250	226.0	0.11
5A17	0.25	0.08	0.6	100	249.8	0.13
5A16	0.25	0.08	0.6	250	87.54	0.13

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-1101-1 **Taula A1.5.- Propietats físico-químiques de l'aigua fluvial. Aigua de Consum, març i agost del 2006.**

CODI	TRAM	Data	pH	Conductivitat	Duresa °F	Clorurs
				µS/cm	mmol/L	mg Cl-/L
1AC1	1	Març 2006	7.15	947.0	250	250.0
1AC2	2	Març 2006	6.88	995.0	250	500.0
1AC3	2	Març 2006	7.29	2596.7	370	250.0
1AC4	2	Març 2006	7.38	653.0	250	0.00
1AC5	3	Març 2006	7.42	1024.0	370	250.0
1AC6	3	Març 2006	7.31	467.5	250	0.00
1AC7	3	Març 2006	7.28	839.0	370	0.00
1AC8	4	Març 2006	7.02	1089.0	250	250.0
1AC9	4	Març 2006	7.15	1538.0	370	500.0
1AC10	4	Març 2006	7.21	1292.0	370	500.0
2AC1	1	Agost 2006	7.04	1367.5	250	250.0
2AC2	2	Agost 2006	7.31	1351.0	250	500.0
2AC3	2	Agost 2006	7.41	1096.5	370	250.0
2AC4	2	Agost 2006	7.39	903.0	250	0.00
2AC5	3	Agost 2006	7.55	1130.5	370	250.0
2AC6	3	Agost 2006	7.71	530.0	250	0.00
2AC7	3	Agost 2006	7.51	858.5	370	0.00
2AC8	4	Agost 2006	7.45	1032.0	250	250.0
2AC9	4	Agost 2006	7.60	1736.5	370	500.0
2AC10	4	Agost 2006	7.60	1288.0	370	500.0



Núria Ferré Huguet
ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

ANNEX 2- CONCENTRACIÓ DE METALLS EN L'AIGUA I AIGUA DE CONSUM



Núria Ferré Huguet
ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A2.1 – Concentració de metalls en l'aigua fluvial. Riu Ebre, març del 2005 expressats en µg/L.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
1A1	1	Març 2005	32.27	3.71	30.15	ND	0.11	0.40	7.93	4.46	ND	ND
1A2	1	Març 2005	43.49	3.23	29.95	ND	0.13	0.30	9.74	6.12	ND	ND
1A3	1	Març 2005	71.06	2.81	29.46	ND	0.26	0.41	21.38	4.77	ND	ND
1A4	2	Març 2005	34.80	2.57	29.95	ND	0.09	0.34	6.73	5.58	ND	ND
1A5	2	Març 2005	51.94	2.44	30.21	ND	0.18	0.30	13.58	4.15	ND	ND
1A6	2	Març 2005	36.68	2.14	29.22	ND	0.12	0.27	8.40	4.56	ND	ND
1A7	3	Març 2005	21.57	2.09	27.80	ND	ND	0.26	1.92	2.61	ND	ND
1A8	3	Març 2005	26.88	2.06	29.43	ND	ND	0.28	1.66	3.05	ND	ND
1A9	3	Març 2005	5.80	2.00	25.82	ND	ND	0.19	10.96	1.27	ND	ND
1A10	4	Març 2005	24.18	1.84	27.81	ND	ND	0.24	1.45	1.27	ND	ND
1A11	4	Març 2005	18.58	1.80	27.59	ND	ND	0.24	1.54	1.27	ND	ND
1A22	6	Març 2005	98.39	2.71	13.19	5.50	0.08	ND	4.70	3.97	ND	0.26
1A23	6	Març 2005	33.23	2.54	13.51	6.16	0.34	ND	9.36	3.89	ND	0.36
1A24	6	Març 2005	64.06	2.44	20.09	6.25	0.09	ND	3.50	4.46	ND	0.25
1A25	6	Març 2005	51.82	2.39	88.07	4.82	0.06	ND	6.24	3.80	ND	ND
1A26	6	Març 2005	56.13	2.27	34.82	5.47	0.11	ND	4.17	3.31	ND	0.21
1A27	6	Març 2005	116.0	2.25	15.69	6.60	0.14	ND	1.57	4.86	ND	0.35
1A28	6	Març 2005	59.39	2.23	28.00	ND	ND	0.52	1.78	3.24	ND	ND
1A29	4	Març 2005	47.08	3.54	28.51	0.16	ND	0.31	2.01	3.30	ND	ND
1A30	4	Març 2005	34.56	2.81	29.53	0.11	ND	0.29	1.87	2.41	ND	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A2.1 (Continuació) – Concentració de metalls en l'aigua fluvial. Riu Ebre, març del 2005 expressats en µg/L.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
1A1	1	Març 2005	1.99	6.52	25.63	0.48	ND	ND	0.41	0.15	3.60	21.17
1A2	1	Març 2005	3.72	8.86	34.37	0.48	ND	ND	0.38	0.15	3.97	18.51
1A3	1	Març 2005	3.21	19.04	72.13	0.48	ND	ND	0.22	0.15	5.05	12.38
1A4	2	Març 2005	3.05	6.09	24.01	1.32	ND	ND	0.22	0.15	4.52	76.97
1A5	2	Març 2005	3.42	12.36	46.70	0.48	ND	ND	0.71	0.25	0.80	9.62
1A6	2	Març 2005	2.86	6.86	28.97	0.48	ND	ND	0.58	0.25	1.01	12.12
1A7	3	Març 2005	8.11	1.67	8.00	0.48	ND	ND	0.62	0.25	2.65	5.81
1A8	3	Març 2005	9.68	1.69	8.68	0.48	ND	ND	0.60	0.25	2.05	12.13
1A9	3	Març 2005	0.50	1.45	4.32	0.48	0.20	ND	0.46	0.25	2.43	1.92
1A10	4	Març 2005	6.20	1.35	9.24	0.48	ND	ND	0.32	0.25	2.90	9.35
1A11	4	Març 2005	5.98	1.21	8.06	0.48	ND	ND	0.32	0.25	3.23	4.97
1A22	6	Març 2005	41.01	16.39	1.38	1.78	0.30	2.29	1.44	1.25	2.96	12.89
1A23	6	Març 2005	19.19	15.62	1.68	1.14	0.25	2.45	1.69	1.24	3.28	10.44
1A24	6	Març 2005	42.62	14.59	1.52	1.70	0.47	2.38	1.69	1.24	3.06	36.27
1A25	6	Març 2005	211.58	7.17	1.25	1.09	0.44	2.45	1.85	1.24	1.54	9.33
1A26	6	Març 2005	207.1	11.34	1.65	0.48	0.39	2.51	1.79	1.24	1.62	10.33
1A27	6	Març 2005	19.65	11.97	1.65	1.34	0.33	2.38	1.81	1.24	2.28	7.81
1A28	6	Març 2005	16.51	1.04	8.08	0.48	ND	ND	1.17	0.61	1.41	35.45
1A29	4	Març 2005	9.07	1.28	8.33	0.48	ND	5.55	1.68	0.62	0.82	13.71
1A30	4	Març 2005	7.92	1.31	8.63	0.50	ND	3.31	1.05	0.46	2.13	9.83

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A2.2 – Concentració de metalls en l'aigua fluvial. Riu Ebre, març del 2006 expressats en µg/L.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
2A1	1	Març 2006	15.07	0.68	27.10	ND	ND	0.19	0.55	7.51	ND	ND
2A2	1	Març 2006	10.31	0.62	26.93	ND	ND	0.17	ND	6.50	ND	ND
2A3	1	Març 2006	15.28	0.46	25.97	ND	ND	0.17	ND	4.59	ND	ND
2A4	2	Març 2006	14.70	0.90	27.47	ND	ND	0.17	0.51	2.73	ND	ND
2A5	2	Març 2006	11.70	ND	27.37	ND	ND	0.17	0.52	4.80	ND	ND
2A6	2	Març 2006	21.05	ND	28.41	ND	ND	0.17	0.55	2.86	ND	ND
2A7	3	Març 2006	20.72	0.50	28.85	ND	ND	0.17	ND	2.19	ND	ND
2A8	3	Març 2006	31.82	0.47	27.39	ND	ND	0.19	1.86	4.11	ND	ND
2A9	3	Març 2006	43.79	0.46	27.76	ND	ND	0.19	1.04	4.74	ND	ND
2A10	4	Març 2006	44.07	0.66	29.36	ND	0.07	0.21	2.73	4.47	ND	ND
2A11	4	Març 2006	32.07	0.55	28.39	ND	ND	0.21	0.72	3.31	ND	ND
2A23	6	Març 2006	132.0	0.40	21.73	0.27	ND	1.39	14.75	85.06	ND	2.27
2A24	6	Març 2006	54.60	0.49	13.32	0.15	ND	0.79	5.12	70.20	ND	0.64
2A25	6	Març 2006	246.6	0.68	30.47	0.20	ND	0.59	4.70	66.63	ND	0.34
2A26	6	Març 2006	127.4	0.67	28.32	ND	ND	0.59	3.50	18.69	ND	ND
2A27	6	Març 2006	60.69	0.55	38.88	ND	ND	0.39	2.91	22.00	ND	ND
2A28	6	Març 2006	53.09	0.38	23.99	ND	ND	0.59	4.18	50.19	ND	ND
2A29	4	Març 2006	140.2	0.90	38.46	ND	ND	0.35	0.56	32.38	ND	ND
2A30	4	Març 2006	52.46	1.06	37.99	ND	ND	0.25	ND	15.78	ND	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A2.2 (Continuació) – Concentració de metalls en l'aigua fluvial. Riu Ebre, març del 2006 expressats en µg/L.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
2A1	1	Març 2006	5.47	0.51	0.83	0.12	ND	1.30	0.17	ND	10.85	4.58
2A2	1	Març 2006	4.07	0.48	0.59	0.14	ND	1.29	0.63	ND	8.85	4.43
2A3	1	Març 2006	3.42	0.54	0.57	0.11	ND	1.16	0.22	ND	7.46	4.43
2A4	2	Març 2006	4.17	0.60	0.71	0.07	ND	ND	0.19	ND	7.35	1.78
2A5	2	Març 2006	4.62	0.57	0.69	0.11	ND	1.44	0.31	ND	6.56	9.19
2A6	2	Març 2006	5.22	0.65	0.75	ND	ND	1.92	0.16	ND	6.21	2.96
2A7	3	Març 2006	8.48	0.60	0.55	0.19	ND	1.51	0.12	ND	5.92	1.85
2A8	3	Març 2006	11.09	0.54	0.67	0.97	ND	ND	0.38	ND	5.40	3.06
2A9	3	Març 2006	13.94	0.62	0.57	0.28	ND	ND	0.57	ND	ND	2.89
2A10	4	Març 2006	19.82	0.63	0.79	0.31	ND	1.39	0.30	ND	ND	4.64
2A11	4	Març 2006	10.39	0.61	0.59	0.21	ND	1.38	0.11	ND	ND	3.78
2A23	6	Març 2006	12.21	20.44	18.01	8.51	8.66	7.72	3.39	ND	266.4	60.58
2A24	6	Març 2006	5.59	12.65	12.01	1.88	3.51	8.15	2.12	ND	184.0	22.77
2A25	6	Març 2006	36.55	7.85	8.01	1.84	2.18	7.13	1.32	ND	155.23	21.32
2A26	6	Març 2006	107.4	3.28	3.41	1.45	2.11	10.07	1.89	ND	98.06	8.75
2A27	6	Març 2006	48.79	2.07	1.61	1.17	1.45	9.64	0.81	ND	72.94	17.40
2A28	6	Març 2006	6.93	8.52	8.21	1.22	1.64	8.16	0.66	ND	122.8	16.61
2A29	4	Març 2006	14.90	1.49	2.29	1.64	ND	ND	0.21	ND	0.77	30.76
2A30	4	Març 2006	9.66	1.65	1.59	0.92	ND	ND	0.34	ND	1.77	16.20

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A2.3 – Concentració de metalls en l'aigua fluvial. Rius Siurana, Montsant i Cortiella, gener i abril del 2006 expressats en µg/L.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
1A12	5	Gener 2006	35.69	1.61	90.12	ND	ND	0.23	1.94	1.25	ND	ND
1A13	5	Gener 2006	7.40	0.85	38.69	ND	ND	ND	2.26	3.97	ND	ND
1A15	5	Gener 2006	ND	0.65	40.37	ND	ND	0.13	2.17	4.20	12.83	ND
1A14	5	Gener 2006	15.42	0.41	12.34	ND	ND	ND	0.81	5.49	17.23	ND
1A16	5	Gener 2006	20.29	0.83	32.28	ND	ND	ND	1.46	10.19	44.60	ND
1A17	5	Gener 2006	3.30	0.85	46.68	ND	ND	ND	1.65	2.71	19.48	ND
1A18	5	Gener 2006	16.60	0.92	48.33	ND	ND	ND	2.32	4.83	18.14	ND
1A19	5	Gener 2006	22.16	0.77	92.88	ND	ND	0.15	2.01	1.40	73.48	ND
1A20	5	Gener 2006	55.42	0.52	75.87	ND	ND	ND	1.83	1.53	13.40	ND
1A21	5	Gener 2006	11.53	0.84	87.18	ND	ND	0.14	3.06	8.97	19.26	ND
2A12	5	Abril 2006	42.03	1.10	96.18	ND	ND	0.15	ND	3.17	61.20	ND
2A13	5	Abril 2006	6.70	0.26	43.18	ND	ND	ND	ND	1.59	ND	ND
2A15	5	Abril 2006	10.05	0.28	49.38	ND	ND	ND	ND	7.80	17.73	ND
2A14	5	Abril 2006	4.13	0.36	20.06	ND	ND	ND	ND	2.68	12.79	ND
2A16	5	Abril 2006	3.63	0.74	40.39	ND	ND	ND	ND	1.68	ND	ND
2A17	5	Abril 2006	4.34	0.62	58.03	ND	ND	ND	ND	2.41	ND	ND
2A18	5	Abril 2006	8.23	0.60	59.22	ND	ND	ND	ND	3.87	ND	ND
2A19	5	Abril 2006	31.44	0.43	74.61	ND	ND	ND	ND	2.61	55.05	ND
2A20	5	Abril 2006	17.20	0.28	79.90	ND	ND	ND	ND	3.40	11.71	ND
2A21	5	Abril 2006	8.11	0.37	93.14	ND	ND	ND	ND	5.02	ND	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A2.3 (Continuació) – Concentració de metalls en l'aigua fluvial. Rius Siurana, Montsant i Cortiella, gener i abril del 2006 expressats en µg/L.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
1A12	5	Gener 2006	58.54	0.19	2.19	0.81	ND	ND	ND	ND	2.75	3.20
1A13	5	Gener 2006	0.34	0.08	6.57	0.19	ND	ND	ND	ND	3.51	3.83
1A15	5	Gener 2006	0.67	ND	8.66	0.20	ND	ND	0.15	ND	2.89	2.66
1A14	5	Gener 2006	0.70	ND	1.36	0.32	ND	ND	ND	ND	3.95	2.43
1A16	5	Gener 2006	1.51	ND	3.48	0.76	ND	ND	0.42	ND	7.04	4.47
1A17	5	Gener 2006	0.71	ND	1.28	0.30	ND	ND	ND	ND	2.01	0.97
1A18	5	Gener 2006	0.65	ND	13.56	0.53	ND	ND	ND	ND	2.98	1.48
1A19	5	Gener 2006	28.09	ND	1.91	0.30	ND	ND	ND	ND	1.77	1.63
1A20	5	Gener 2006	1.88	ND	1.96	0.12	ND	ND	ND	ND	9.07	2.01
1A21	5	Gener 2006	1.31	ND	10.78	0.45	ND	ND	0.19	ND	6.70	ND
2A12	5	Abril 2006	57.25	1.32	2.50	0.40	0.27	ND	0.16	ND	5.14	6.63
2A13	5	Abril 2006	0.46	0.81	2.60	ND	0.31	ND	ND	ND	2.96	0.57
2A15	5	Abril 2006	6.04	0.87	2.26	0.58	0.43	ND	ND	ND	3.63	5.46
2A14	5	Abril 2006	8.27	0.70	1.48	0.10	0.23	ND	0.10	ND	5.45	1.29
2A16	5	Abril 2006	0.60	0.79	1.68	0.11	0.30	ND	0.18	ND	2.10	2.99
2A17	5	Abril 2006	ND	0.98	1.72	0.18	0.34	ND	0.16	ND	2.13	2.99
2A18	5	Abril 2006	0.45	0.99	2.76	1.84	0.39	ND	ND	ND	3.82	0.65
2A19	5	Abril 2006	18.56	0.46	2.54	0.35	0.22	ND	ND	ND	5.18	2.10
2A20	5	Abril 2006	5.29	0.43	1.44	0.16	ND	ND	0.13	ND	3.64	ND
2A21	5	Abril 2006	2.73	0.66	5.80	0.16	0.34	ND	0.19	ND	3.50	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A2.4 – Concentració de metalls en l'aigua fluvial. Rius Siurana, Montsant i Cortiella, octubre del 2006, gener i abril del 2007 expressats en µg/L.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
3A12	5	Octubre 2006	123.4	4.27	111.2	ND	ND	0.53	2.26	6.17	201.1	ND
3A13	5	Octubre 2006	26.08	0.69	71.22	ND	ND	0.18	2.62	4.84	28.80	ND
3A15	5	Octubre 2006	31.11	0.91	69.92	ND	ND	0.18	2.17	2.61	18.72	ND
3A14	5	Octubre 2006	98.95	1.04	29.50	ND	ND	0.16	1.72	4.90	66.00	ND
3A16	5	Octubre 2006	98.24	1.26	61.95	ND	ND	0.16	1.88	6.78	14.80	ND
3A17	5	Octubre 2006	28.22	0.99	91.52	ND	ND	0.16	1.88	3.33	24.24	ND
3A18	5	Octubre 2006	27.50	0.87	90.53	ND	0.07	0.16	1.95	4.92	20.00	ND
3A19	5	Octubre 2006	17.91	1.59	81.17	ND	ND	0.16	2.07	3.39	87.44	ND
3A20	5	Octubre 2006	117.9	1.20	89.48	ND	ND	0.12	1.88	ND	53.84	ND
3A21	5	Octubre 2006	67.25	0.81	60.08	ND	ND	0.24	2.19	3.00	50.85	ND
4A12	5	Gener 2007	101.9	3.26	106.0	ND	ND	0.39	1.99	4.26	154.0	ND
4A13	5	Gener 2007	34.01	0.67	62.25	ND	ND	0.16	2.27	2.62	20.00	ND
4A15	5	Gener 2007	64.69	0.82	63.32	ND	ND	0.16	2.40	1.53	14.20	ND
4A14	5	Gener 2007	82.07	0.99	55.56	ND	ND	0.17	1.97	2.93	50.63	ND
4A16	5	Gener 2007	64.00	1.10	43.45	ND	ND	0.13	1.95	3.58	19.74	ND
4A17	5	Gener 2007	14.18	0.50	45.74	ND	ND	ND	0.94	1.35	12.18	ND
4A18	5	Gener 2007	14.86	0.47	48.70	ND	ND	ND	1.06	2.36	10.81	ND
4A19	5	Gener 2007	9.68	0.86	43.64	ND	ND	ND	1.12	1.53	47.26	ND
4A20	5	Gener 2007	86.95	1.01	78.23	ND	ND	0.14	2.09	0.23	35.48	ND
4A21	5	Gener 2007	90.52	0.84	64.21	ND	ND	0.21	2.64	1.96	32.95	ND
5A12	5	Abril 2007	83.54	2.34	103.9	ND	ND	0.26	1.78	2.50	111.5	ND
5A13	5	Abril 2007	83.54	0.67	55.16	ND	ND	0.14	1.98	0.50	11.81	ND
5A14	5	Abril 2007	42.95	0.75	58.64	ND	ND	0.14	2.70	0.53	10.10	ND
5A17	5	Abril 2007	100.2	0.93	81.06	ND	ND	0.18	2.21	0.92	34.75	ND
5A14	5	Abril 2007	64.37	0.94	24.52	ND	ND	ND	1.99	0.33	24.50	ND

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A2.4 (Continuació) – Concentració de metalls en l'aigua fluvial. Rius Siurana, Montsant i Cortiella, octubre del 2006, gener i abril del 2007 expressats en µg/L.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
3A12	5	Octubre 2006	619.6	0.92	1.89	1.31	0.23	ND	ND	ND	0.60	7.48
3A13	5	Octubre 2006	2.95	0.49	1.73	0.33	0.27	ND	0.32	ND	0.66	4.54
3A15	5	Octubre 2006	3.83	0.71	1.89	0.60	0.31	ND	0.11	ND	0.78	2.49
3A14	5	Octubre 2006	16.26	0.74	1.11	0.59	1.80	ND	ND	ND	0.60	6.54
3A16	5	Octubre 2006	2.53	0.75	1.95	0.45	0.41	ND	0.15	ND	1.00	5.78
3A17	5	Octubre 2006	2.10	0.58	1.39	3.61	0.37	ND	ND	ND	1.20	3.20
3A18	5	Octubre 2006	3.03	0.42	1.59	3.12	0.39	ND	ND	ND	1.04	6.63
3A19	5	Octubre 2006	82.97	0.23	1.27	0.41	ND	ND	0.19	ND	0.58	3.83
3A20	5	Octubre 2006	29.30	0.21	1.17	0.09	ND	ND	0.28	ND	0.48	0.57
3A21	5	Octubre 2006	28.21	0.79	1.97	0.23	0.44	ND	0.15	ND	1.00	2.66
4A12	5	Octubre 2006	357.2	1.03	1.61	1.23	0.25	ND	ND	ND	0.88	5.46
4A12	5	Gener 2007	1.93	0.51	1.53	0.21	0.22	ND	0.17	ND	0.66	2.43
4A13	5	Gener 2007	2.41	0.70	2.01	0.34	0.28	ND	0.11	ND	0.84	1.29
4A15	5	Gener 2007	9.68	0.70	1.24	4.99	1.04	ND	ND	ND	0.81	4.47
4A14	5	Gener 2007	6.03	0.64	1.36	0.43	0.27	ND	ND	ND	0.92	2.99
4A16	5	Gener 2007	0.91	0.27	0.46	1.82	ND	ND	ND	ND	0.60	0.97
4A17	5	Gener 2007	1.50	0.20	0.64	1.69	0.21	ND	ND	ND	0.56	2.99
4A18	5	Gener 2007	44.71	0.10	0.46	0.22	ND	ND	0.10	ND	0.31	1.48
4A19	5	Gener 2007	16.40	0.42	1.43	0.10	ND	ND	0.17	ND	0.63	0.65
4A20	5	Gener 2007	15.85	0.82	2.29	0.17	0.38	ND	0.14	ND	1.04	1.63
4A21	5	Gener 2007	15.85	0.82	2.29	0.17	0.38	ND	0.14	ND	1.04	1.63
5A12	5	Abril 2007	105.4	1.18	1.39	1.20	0.27	ND	ND	ND	1.19	3.64
5A13	5	Abril 2007	0.99	0.56	1.39	0.10	ND	ND	ND	ND	0.68	ND
5A14	5	Abril 2007	1.07	0.72	2.19	0.08	0.27	ND	0.11	ND	0.92	ND
5A17	5	Abril 2007	2.99	0.65	1.35	9.35	0.27	ND	ND	ND	1.00	2.34
5A14	5	Abril 2007	9.47	0.53	0.75	0.40	ND	ND	ND	ND	0.82	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A2.5– Concentració de metalls en aigua de consum (AC). Març i Agost el 2006 expressats en µg/L.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
1AC1	1	Març 2006	4.18	0.55	28.17	ND	ND	ND	0.15	4.54	13.87	ND
1AC2	2	Març 2006	82.60	0.03	26.57	ND	ND	ND	0.15	0.26	5.00	ND
1AC3	2	Març 2006	0.05	0.27	73.48	ND	ND	ND	0.11	13.16	5.00	ND
1AC4	2	Març 2006	0.05	0.08	69.56	ND	ND	ND	0.05	15.34	5.00	ND
1AC5	3	Març 2006	0.05	0.16	38.66	ND	ND	ND	0.11	4.39	10.63	ND
1AC6	3	Març 2006	0.05	0.03	41.84	ND	ND	ND	0.05	5.40	5.00	ND
1AC7	3	Març 2006	0.05	0.03	21.11	ND	ND	ND	0.05	3.90	10.33	ND
1AC8	4	Març 2006	0.05	0.03	21.69	ND	ND	ND	0.05	4.86	5.00	ND
1AC9	4	Març 2006	0.05	0.03	14.40	ND	ND	ND	0.05	1.30	5.00	ND
1AC10	4	Març 2006	71.99	0.03	40.52	ND	ND	ND	0.05	3.28	44.39	ND
2AC1	1	Agost 2006	1.82	2.02	30.19	ND	ND	ND	0.14	4.54	18.41	0.23
2AC2	2	Agost 2006	72.60	0.06	26.63	ND	ND	ND	0.16	0.26	5.26	ND
2AC3	2	Agost 2006	0.05	0.56	74.05	ND	ND	ND	0.12	13.16	18.16	0.33
2AC4	2	Agost 2006	0.05	0.52	70.08	ND	ND	ND	0.05	15.34	20.34	ND
2AC5	3	Agost 2006	0.05	0.41	39.07	ND	ND	ND	0.16	4.39	15.03	ND
2AC6	3	Agost 2006	0.05	0.42	42.25	ND	ND	ND	ND	5.40	10.40	0.37
2AC7	3	Agost 2006	0.05	0.37	21.47	ND	ND	ND	ND	3.90	14.24	0.58
2AC8	4	Agost 2006	0.05	0.27	21.96	ND	ND	ND	ND	4.86	9.86	ND
2AC9	4	Agost 2006	0.05	0.27	14.67	ND	ND	0.72	ND	1.30	6.30	ND
2AC10	4	Agost 2006	89.92	0.20	40.72	ND	ND	0.90	ND	3.28	47.68	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A2.5 (Continuació) – Concentració de metalls en aigua de consum (AC). Març i Agost el 2006 expressats en µg/L.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
1AC1	1	Març 2006	3.50	0.60	0.59	0.18	ND	ND	0.05	ND	0.52	20.07
1AC2	2	Març 2006	0.39	0.60	0.33	0.03	ND	ND	0.16	ND	0.56	5.16
1AC3	2	Març 2006	ND	0.35	ND	0.32	ND	ND	0.08	ND	0.70	25.96
1AC4	2	Març 2006	ND	0.03	ND	0.14	ND	ND	0.05	ND	0.25	22.30
1AC5	3	Març 2006	ND	0.03	ND	0.18	ND	ND	0.15	ND	1.16	19.72
1AC6	3	Març 2006	ND	0.03	ND	0.21	ND	ND	0.05	ND	0.25	4.50
1AC7	3	Març 2006	ND	0.26	ND	0.03	ND	ND	0.05	ND	0.25	8.20
1AC8	4	Març 2006	ND	0.03	ND	0.11	ND	ND	0.10	ND	0.80	8.82
1AC9	4	Març 2006	0.40	0.03	ND	0.03	ND	ND	0.42	ND	2.08	2.52
1AC10	4	Març 2006	1.60	0.03	ND	0.22	ND	ND	0.23	ND	2.62	14.00
2AC1	1	Agost 2006	8.98	0.58	1.85	0.41	ND	ND	0.05	ND	0.55	20.59
2AC2	2	Agost 2006	3.52	0.41	1.48	0.15	ND	ND	0.16	ND	0.59	5.72
2AC3	2	Agost 2006	ND	0.45	1.57	0.55	ND	ND	0.12	ND	0.73	26.66
2AC4	2	Agost 2006	ND	0.13	1.64	0.10	ND	ND	0.05	ND	0.28	22.55
2AC5	3	Agost 2006	0.19	0.22	0.58	0.35	ND	ND	0.14	ND	1.19	20.88
2AC6	3	Agost 2006	ND	0.13	ND	0.26	ND	ND	0.05	ND	0.28	4.75
2AC7	3	Agost 2006	ND	0.36	0.89	0.10	ND	ND	0.05	ND	0.28	8.45
2AC8	4	Agost 2006	ND	0.13	ND	0.38	ND	ND	0.12	ND	0.83	9.62
2AC9	4	Agost 2006	ND	0.13	0.82	0.34	ND	ND	0.44	ND	2.11	4.60
2AC10	4	Agost 2006	0.59	0.61	0.74	0.33	ND	ND	0.27	ND	2.65	16.62

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-692-0711-0/OL: T-2189-2007

Taula A2.6 – Concentració de metalls en aigua de consum d'altres investigadors (µg/L).

Nom	Zona	País		Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Referència
Aqüifer Llagosta	Conca del Besòs	Barcelona	Rural									480.0		(Navarro i Carbonell, 2007)
Aqüifer Llagosta	Conca del Besòs	Barcelona	Industrial									170.0		(Navarro i Carbonell, 2007)
Aqüifer Llagosta	Conca del Besòs	Barcelona	Brollador									2540.0		(Navarro i Carbonell, 2007)
Aigua Municipal	Lugo	Galícia, Espanya	Agrícola								1400	20100.0		(Vidal i col·ls., 2000)
Aigua Municipal	Augsburg	Alemanya	Urbana	2.10				2.50	3.50	23.40	44.00	217.0		(Baumann i col·ls., 2006)
Aigua Municipal	Munich	Alemanya	Urbana	16.00				5.00	52.00	483.0	662.0	2151.0		(Baumann i col·ls., 2006)
Aigua Municipal	Río Fez	Marroc	Industrial	52.96	1.27			0.06	0.36	2.63	21.07			(Koukal i col·ls., 2004)
Aigua Municipal	Siena , La Toscana	Itàlia	Urbana	8.90	3.90			ND	<0.025	<0.007	2.80	113.0		(Giammanco i col·ls., 1998)

Nom	Zona	País	Fonts	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Tl	V	Zn	Referència
Aqüifer Llagosta	Conca del Besòs	Barcelona	Rural	29.0		0.2	22.00					87.50	(Navarro i Carbonell, 2007)
Aqüifer Llagosta	Conca del Besòs	Barcelona	Industrial	909.2		14.7	9.40					53.70	(Navarro i Carbonell, 2007)
Aqüifer Llagosta	Conca del Besòs	Barcelona	Brollador	628.8		18.5	54.00					1044.1	(Navarro i Carbonell, 2007)
Aigua Municipal	Lugo	Galícia, Espanya	Agrícola	6700.0								2500.0	(Vidal i col·ls., 2000)
Aigua Municipal	Augsburg	Alemanya	Urbana	36.0		5.3	5.90					23.60	(Baumann i col·ls., 2006)
Aigua Municipal	Munich	Alemanya	Urbana	134.0		200.0	290.0					707.0	(Baumann i col·ls., 2006)
Aigua Municipal	Río Fez	Marroc	Industrial	95.4		1.6	0.33				3.34	10.07	(Koukal i col·ls., 2004)
Aigua Municipal	Siena , La Toscana	Itàlia	Urbana	0.80		<0.05	2.00				1.00	18.50	(Giammanco i col·ls., 1998)

UIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI
NIVELLS DE METALLS PESANTS A LA CONCA CATALANA DEL RIU EBRE.
AVALUACIÓ DEL RISC PER A LA POBLACIÓ I L'ECOSISTEMA



ANNEX 2 -14

Núria Ferré Huguet
ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007



Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

ANNEX 3- CONCENTRACIÓ DE METALLS EN L'AIGUA FLUVIAL FILTRADA



Núria Ferré Huguet
ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A3.1 – Concentració de metalls en l'aigua fluvial filtrada (µg/L). Riu Ebre, març del 2005.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
1AF1	1	Març 2005	33.02	1.16	28.56	0.13	ND	0.27	ND	1.65	ND	ND
1AF2	1	Març 2005	12.47	1.18	29.52	ND	ND	0.28	ND	42.29	ND	ND
1AF3	1	Març 2005	13.57	1.24	29.17	0.12	ND	0.27	0.79	1.95	ND	ND
1AF4	2	Març 2005	15.06	1.26	29.38	ND	ND	0.27	ND	1.99	ND	ND
1AF5	2	Març 2005	13.94	1.32	30.32	0.13	ND	0.28	0.60	1.85	ND	ND
1AF6	2	Març 2005	14.29	1.25	30.43	ND	ND	0.30	0.67	2.22	ND	ND
1AF7	3	Març 2005	15.77	1.38	30.45	0.12	ND	0.26	0.62	3.67	ND	ND
1AF8	3	Març 2005	16.36	1.32	29.58	ND	ND	0.28	0.56	1.99	ND	ND
1AF9	3	Març 2005	16.23	1.35	30.41	0.12	ND	0.28	ND	1.96	ND	ND
1AF10	4	Març 2005	15.32	1.34	31.22	ND	ND	0.27	0.79	2.67	ND	ND
1AF11	4	Març 2005	14.18	1.33	29.53	0.10	ND	0.28	0.61	1.93	ND	ND
1AF22	6	Març 2005	13.77	1.29	29.09	ND	ND	0.27	ND	1.87	ND	ND
1AF23	6	Març 2005	39.78	2.98	15.24	5.61	0.21	ND	1.04	2.36	ND	3.06
1AF24	6	Març 2005	36.22	2.99	15.94	5.42	0.21	ND	0.83	2.37	ND	1.03
1AF25	6	Març 2005	39.27	3.02	21.75	5.57	0.29	ND	0.97	2.32	ND	1.12
1AF26	6	Març 2005	19.33	2.99	94.98	4.01	0.13	ND	0.99	2.46	ND	1.12
1AF27	6	Març 2005	53.26	3.04	38.88	6.07	0.24	ND	0.97	3.04	ND	0.42
1AF28	6	Març 2005	43.14	3.02	17.22	5.99	0.25	ND	0.95	2.37	ND	1.62
1AF29	4	Març 2005	33.58	6.22	29.97	ND	0.13	0.33	1.81	3.94	ND	ND
1AF30	4	Març 2005	35.10	6.30	31.16	0.15	0.13	0.31	1.77	3.51	ND	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A3.1 (Continuació) – Concentració de metalls en l'aigua fluvial filtrada ($\mu\text{g/L}$). Riu Ebre, març del 2005.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
1AF1	1	Març 2005	1.40	0.89	2.35	0.26	ND	ND	0.13	ND	1.37	2.95
1AF2	1	Març 2005	1.21	0.94	3.01	4.98	ND	ND	0.11	ND	1.51	7.00
1AF3	1	Març 2005	1.32	0.90	2.54	0.55	ND	ND	ND	ND	1.94	3.55
1AF4	2	Març 2005	1.47	0.95	2.59	0.40	ND	ND	ND	ND	1.73	3.25
1AF5	2	Març 2005	1.21	0.95	3.10	0.44	ND	ND	0.20	ND	0.24	3.99
1AF6	2	Març 2005	1.45	1.00	0.93	0.30	ND	1.04	0.15	ND	0.32	4.15
1AF7	3	Març 2005	1.71	1.04	3.40	0.26	ND	1.28	0.17	ND	0.96	3.89
1AF8	3	Març 2005	3.09	1.04	2.72	0.27	ND	ND	0.16	ND	0.73	3.76
1AF9	3	Març 2005	2.96	0.98	3.03	0.58	ND	ND	0.10	ND	0.87	3.23
1AF10	4	Març 2005	2.21	0.98	3.01	0.29	ND	1.09	ND	ND	1.06	3.81
1AF11	4	Març 2005	2.33	0.95	2.83	2.27	0.23	1.05	ND	ND	1.19	4.04
1AF22	6	Març 2005	2.19	0.90	2.92	0.20	ND	ND	ND	ND	0.69	2.79
1AF23	6	Març 2005	21.85	13.35	0.93	1.64	0.45	ND	0.20	ND	0.81	3.62
1AF24	6	Març 2005	16.88	13.79	0.93	1.14	0.50	ND	0.20	ND	0.73	3.50
1AF25	6	Març 2005	38.99	14.79	0.93	1.11	0.49	ND	0.26	ND	ND	3.79
1AF26	6	Març 2005	209.5	5.94	0.93	6.97	0.53	ND	0.24	ND	ND	3.85
1AF27	6	Març 2005	198.2	11.34	0.93	0.83	0.49	ND	0.24	ND	0.42	3.75
1AF28	6	Març 2005	9.81	11.55	0.93	1.30	0.36	ND	0.24	ND	0.33	3.70
1AF29	4	Març 2005	3.08	1.68	4.97	2.23	0.40	ND	0.44	ND	ND	5.49
1AF30	4	Març 2005	3.55	1.78	5.37	0.36	ND	3.26	0.24	ND	0.56	4.15

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A3.2 – Concentració de metalls en l'aigua fluvial filtrada (µg/L). Riu Ebre, març del 2006.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
2AF1	1	Març 2006	21.24	0.93	27.00	ND	ND	0.17	ND	1.20	ND	ND
2AF2	1	Març 2006	17.96	0.93	25.71	ND	ND	0.15	ND	2.08	ND	ND
2AF3	1	Març 2006	10.07	0.92	26.04	ND	ND	0.15	ND	1.06	ND	ND
2AF4	2	Març 2006	16.96	0.95	27.79	ND	ND	0.15	ND	0.69	ND	ND
2AF5	2	Març 2006	13.21	0.73	26.36	ND	ND	0.15	ND	1.94	ND	ND
2AF6	2	Març 2006	16.03	0.70	27.60	ND	ND	0.17	ND	0.88	ND	ND
2AF7	3	Març 2006	28.39	0.93	27.83	ND	ND	0.15	ND	0.74	ND	ND
2AF8	3	Març 2006	17.96	0.87	27.35	ND	ND	0.15	ND	3.25	ND	ND
2AF9	3	Març 2006	20.27	0.72	26.97	ND	ND	0.15	ND	4.05	ND	ND
2AF10	4	Març 2006	21.66	0.90	28.79	ND	ND	0.17	ND	3.82	ND	ND
2AF11	4	Març 2006	19.66	0.83	57.79	ND	0.06	ND	ND	1.41	ND	ND
2AF22	6	Març 2006	41.43	0.26	12.58	0.17	ND	0.79	5.34	134.12	ND	ND
2AF23	6	Març 2006	44.12	0.29	12.80	ND	ND	0.79	5.62	176.3	ND	ND
2AF24	6	Març 2006	101.3	0.63	53.97	0.21	ND	1.39	6.93	287.9	ND	ND
2AF25	6	Març 2006	98.53	3.02	29.05	0.18	ND	0.39	4.88	62.38	ND	ND
2AF26	6	Març 2006	7.99	1.54	39.29	0.12	ND	0.39	3.62	30.51	ND	ND
2AF27	6	Març 2006	44.49	0.53	23.67	0.11	ND	0.59	5.15	81.03	ND	ND
2AF28	6	Març 2006	15.71	0.76	37.08	ND	ND	0.21	ND	5.68	ND	ND
2AF29	4	Març 2006	14.16	0.54	37.47	ND	ND	0.21	ND	4.62	ND	ND
2AF30	4	Març 2006	11.26	0.51	35.56	ND	ND	0.20	ND	3.56	ND	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A3.2 (Continuació) – Concentració de metalls en l'aigua fluvial filtrada ($\mu\text{g/L}$). Riu Ebre, març del 2006.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
2AF1	1	Març 2006	1.48	1.05	0.62	ND	ND	ND	ND	ND	0.93	13.20
2AF2	1	Març 2006	1.38	1.04	0.76	ND	ND	ND	0.14	ND	0.87	4.15
2AF3	1	Març 2006	1.81	0.97	0.72	ND	ND	ND	ND	ND	0.95	ND
2AF4	2	Març 2006	2.67	1.06	0.82	ND	ND	ND	ND	ND	1.31	ND
2AF5	2	Març 2006	2.45	1.03	0.66	ND	ND	ND	ND	ND	1.23	ND
2AF6	2	Març 2006	2.63	1.03	0.76	ND	ND	ND	ND	ND	1.69	1.44
2AF7	3	Març 2006	2.83	1.14	1.36	ND	ND	ND	ND	ND	1.53	ND
2AF8	3	Març 2006	2.57	1.08	0.72	ND	ND	ND	ND	ND	1.53	1.61
2AF9	3	Març 2006	2.83	1.04	0.44	0.34	ND	ND	0.12	ND	1.53	ND
2AF10	4	Març 2006	3.01	1.14	0.98	ND	ND	ND	ND	ND	1.97	1.40
2AF11	4	Març 2006	0.18	0.76	ND	0.07	ND	ND	ND	ND	0.84	3.85
2AF22	6	Març 2006	5.15	11.88	11.04	1.25	2.71	1.69	0.74	ND	170.4	23.89
2AF23	6	Març 2006	4.01	11.46	12.04	0.82	2.57	1.78	0.46	ND	184.8	10.20
2AF24	6	Març 2006	70.04	16.90	19.44	1.79	3.35	1.56	0.29	ND	230.2	49.74
2AF25	6	Març 2006	109.6	3.29	3.04	0.63	1.10	2.20	0.41	ND	145.4	8.53
2AF26	6	Març 2006	47.25	2.47	1.44	0.26	1.16	2.11	0.18	ND	112.2	13.04
2AF27	6	Març 2006	5.05	8.72	8.44	0.95	1.84	1.78	0.14	ND	142.6	10.20
2AF28	6	Març 2006	4.46	1.98	1.40	ND	ND	ND	ND	ND	2.79	4.80
2AF29	4	Març 2006	4.44	2.23	1.44	ND	ND	ND	ND	ND	4.63	4.82

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A3.3 – Concentració de metalls en l'aigua fluvial filtrada ($\mu\text{g/L}$). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, gener i abril del 2006.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
1AF12	5	Gener 2006	10.81	ND	0.44	ND	ND	ND	ND	1.36	ND	ND
1AF13	5	Gener 2006	95.42	ND	1.01	ND	ND	ND	ND	1.57	ND	ND
1AF15	5	Gener 2006	75.16	ND	0.62	ND	0.08	ND	ND	3.27	ND	ND
1AF14	5	Gener 2006	37.85	ND	0.31	ND	ND	ND	ND	1.64	ND	ND
1AF16	5	Gener 2006	24.97	ND	0.12	ND	ND	ND	0.57	0.82	ND	ND
1AF17	5	Gener 2006	61.28	ND	0.98	ND	ND	ND	ND	1.48	ND	ND
1AF18	5	Gener 2006	94.24	0.94	25.69	ND	0.13	0.19	1.19	14.30	21.28	ND
1AF19	5	Gener 2006	89.16	1.85	76.14	ND	0.07	0.32	5.80	7.71	22.53	ND
1AF20	5	Gener 2006	50.31	0.76	148.1	ND	ND	0.15	2.90	0.64	11.26	ND
1AF21	5	Gener 2006	34.89	0.38	4.53	ND	ND	ND	1.45	0.62	ND	ND
2AF12	5	Abril 2006	ND	0.63	19.73	ND	ND	ND	ND	2.03	11.06	ND
2AF13	5	Abril 2006	6.28	0.53	41.06	ND	ND	ND	ND	1.26	ND	ND
2AF15	5	Abril 2006	8.40	0.58	83.00	ND	ND	ND	ND	5.42	ND	ND
2AF14	5	Abril 2006	8.37	0.56	47.10	ND	ND	ND	ND	3.94	ND	ND
2AF16	5	Abril 2006	1.53	1.05	39.77	ND	ND	ND	ND	1.51	ND	ND
2AF17	5	Abril 2006	8.44	0.90	57.79	ND	ND	ND	ND	1.87	ND	ND
2AF18	5	Abril 2006	ND	0.74	52.25	ND	ND	ND	ND	3.26	ND	ND
2AF19	5	Abril 2006	6.65	1.30	94.91	ND	ND	0.14	ND	3.03	ND	ND
2AF20	5	Abril 2006	2.80	0.47	74.65	ND	ND	ND	ND	2.64	12.36	ND
2AF21	5	Abril 2006	8.82	0.53	69.60	ND	ND	0.14	ND	4.27	18.76	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A3.3 (Continuació) – Concentració de metalls en l'aigua fluvial filtrada ($\mu\text{g/L}$). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, gener i abril del 2006.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
1AF12	5	Gener 2006	0.24	0.08	0.79	0.38	ND	ND	ND	ND	0.73	ND
1AF13	5	Gener 2006	0.40	ND	0.60	0.17	ND	ND	ND	ND	0.87	15.93
1AF15	5	Gener 2006	0.50	ND	0.31	0.26	ND	ND	ND	ND	1.06	35.75
1AF14	5	Gener 2006	0.25	ND	0.90	0.13	ND	ND	ND	ND	1.19	17.87
1AF16	5	Gener 2006	0.13	0.12	1.36	0.07	ND	ND	ND	ND	1.05	8.94
1AF17	5	Gener 2006	0.34	0.06	0.68	0.19	ND	ND	ND	ND	1.51	15.05
1AF18	5	Gener 2006	1.69	0.06	1.80	0.71	ND	1.39	0.11	ND	1.94	47.30
1AF19	5	Gener 2006	0.95	0.50	13.44	0.54	0.44	1.10	0.44	ND	ND	23.65
1AF20	5	Gener 2006	0.38	0.25	2.98	0.27	0.24	ND	0.24	ND	0.56	11.83
1AF21	5	Gener 2006	0.46	0.12	2.02	0.13	ND	ND	0.12	ND	0.72	11.06
2AF12	5	Abril 2006	7.81	0.43	ND	0.16	0.20	ND	ND	ND	0.25	6.05
2AF13	5	Abril 2006	0.21	0.65	2.17	0.12	0.28	1.31	0.20	ND	0.25	7.87
2AF15	5	Abril 2006	2.21	0.37	7.85	0.38	0.30	ND	0.15	ND	0.25	7.39
2AF14	5	Abril 2006	2.44	0.65	2.33	0.15	0.38	ND	0.17	ND	0.25	6.90
2AF16	5	Abril 2006	0.63	0.60	1.03	0.11	0.30	ND	0.16	ND	0.25	5.76
2AF17	5	Abril 2006	0.19	0.76	1.43	0.31	0.33	ND	0.10	ND	0.25	11.55
2AF18	5	Abril 2006	0.19	0.57	1.61	1.61	0.31	ND	ND	ND	0.25	7.55
2AF19	5	Abril 2006	17.81	1.20	4.01	0.37	0.33	ND	ND	ND	0.25	11.26
2AF20	5	Abril 2006	4.78	0.16	4.19	2.34	0.22	ND	0.11	ND	0.25	10.63
2AF21	5	Abril 2006	14.13	0.21	2.03	0.93	0.22	ND	ND	ND	0.25	14.06

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A3.4 – Concentració de metalls en l'aigua fluvial filtrada ($\mu\text{g/L}$). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, octubre del 2006, gener i abril del 2007.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
3AF12	5	Octubre 2006	17.30	3.24	102.1	ND	ND	0.40	2.08	2.59	ND	ND
3AF13	5	Octubre 2006	16.57	0.99	78.45	ND	ND	0.18	3.37	3.08	ND	ND
3AF14	5	Octubre 2006	20.46	1.38	83.71	ND	ND	0.20	3.14	1.88	ND	ND
3AF15	5	Octubre 2006	20.58	1.47	33.18	ND	ND	0.14	1.84	4.13	ND	ND
3AF16	5	Octubre 2006	16.57	1.57	65.76	ND	ND	0.16	2.16	4.46	ND	ND
3AF17	5	Octubre 2006	16.23	1.45	100.45	ND	ND	0.18	2.64	2.32	ND	ND
3AF18	5	Octubre 2006	17.56	1.29	99.68	ND	0.06	0.18	2.62	3.53	ND	ND
3AF19	5	Octubre 2006	20.22	1.72	79.64	ND	ND	0.18	1.59	0.96	ND	ND
3AF20	5	Octubre 2006	23.13	1.51	91.66	ND	ND	0.26	1.68	ND	ND	ND
3AF21	5	Octubre 2006	39.72	1.31	66.61	ND	ND	0.28	2.27	2.12	ND	ND
4AF12	5	Gener 2007	21.52	0.95	66.76	ND	ND	0.18	2.66	1.46	ND	ND
4AF13	5	Gener 2007	24.17	1.12	66.84	ND	ND	0.18	2.34	0.81	ND	ND
4AF15	5	Gener 2007	43.46	1.37	51.42	ND	ND	0.15	1.67	2.09	ND	ND
4AF14	5	Gener 2007	56.99	1.32	43.84	ND	ND	0.13	1.59	2.14	ND	ND
4AF16	5	Gener 2007	8.16	0.73	50.15	ND	ND	ND	1.33	0.59	ND	ND
4AF17	5	Gener 2007	9.49	0.70	53.58	ND	ND	ND	1.41	1.37	ND	ND
4AF18	5	Gener 2007	10.93	0.93	42.75	ND	ND	ND	0.86	ND	ND	ND
4AF19	5	Gener 2007	27.15	1.33	80.46	ND	ND	0.24	2.00	ND	ND	ND
4AF20	5	Gener 2007	36.93	1.19	64.16	ND	ND	0.24	2.10	1.13	ND	ND
4AF21	5	Gener 2007	40.50	2.52	95.24	ND	ND	0.28	1.69	2.55	ND	ND
5AF12	5	Abril 2007	64.92	1.88	91.24	ND	ND	0.16	1.34	2.61	ND	ND
5AF13	5	Abril 2007	64.92	0.94	57.09	ND	ND	0.18	2.02	ND	ND	ND
5AF14	5	Abril 2007	27.11	0.89	51.99	ND	ND	0.16	1.61	ND	ND	ND
5AF17	5	Abril 2007	28.59	1.25	69.14	ND	ND	0.16	1.48	ND	ND	ND
5AF15	5	Abril 2007	65.89	1.06	21.47	ND	ND	ND	1.01	ND	ND	ND

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-1111-1 **Taula A3.4 (Continuació) – Concentració de metalls en l'aigua fluvial filtrada ($\mu\text{g/L}$). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, octubre del 2006, gener i abril del 2007.**

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
3AF12	5	Octubre 2006	573.7	0.91	1.64	0.13	ND	ND	ND	ND	0.81	ND
3AF13	5	Octubre 2006	1.52	0.61	2.50	0.21	0.27	ND	ND	ND	1.05	1.23
3AF14	5	Octubre 2006	3.41	0.76	2.62	0.13	0.34	ND	ND	ND	1.45	ND
3AF15	5	Octubre 2006	9.18	0.75	1.32	0.32	0.23	ND	0.13	ND	1.37	2.67
3AF16	5	Octubre 2006	1.52	0.74	1.96	0.21	0.29	ND	0.11	ND	1.51	1.34
3AF17	5	Octubre 2006	0.83	0.58	1.94	1.35	0.29	1.28	ND	ND	1.94	0.58
3AF18	5	Octubre 2006	2.15	0.42	2.12	2.52	0.33	1.09	ND	ND	1.73	2.84
3AF19	5	Octubre 2006	65.23	0.28	1.70	0.19	0.20	ND	0.20	ND	0.24	ND
3AF20	5	Octubre 2006	29.33	0.28	1.62	0.06	ND	ND	0.15	ND	0.32	ND
3AF21	5	Octubre 2006	28.02	0.98	2.82	0.09	0.47	1.31	0.17	ND	0.96	ND
4AF12	5	Octubre 2006	298.5	1.06	1.80	0.16	ND	ND	0.16	ND	0.73	1.25
4AF13	5	Gener 2007	1.08	0.63	2.46	0.15	0.22	ND	0.10	ND	0.87	ND
4AF15	5	Gener 2007	1.88	0.72	2.28	0.10	0.29	ND	ND	ND	1.06	ND
4AF14	5	Gener 2007	4.73	0.74	1.58	0.79	0.21	ND	ND	ND	1.19	3.72
4AF16	5	Gener 2007	5.11	0.67	1.54	0.19	0.21	ND	0.11	ND	1.05	ND
4AF17	5	Gener 2007	0.27	0.27	0.76	0.68	ND	ND	ND	ND	0.97	ND
4AF18	5	Gener 2007	1.03	0.21	0.94	1.36	ND	ND	ND	ND	0.94	ND
4AF19	5	Gener 2007	35.13	0.13	0.72	0.10	ND	ND	0.11	ND	ND	ND
4AF20	5	Gener 2007	16.25	0.52	2.26	0.08	ND	ND	0.15	ND	0.56	ND
4AF21	5	Gener 2007	15.39	0.91	2.65	0.09	0.38	ND	0.13	ND	0.90	ND
5AF12	5	Gener 2007	32.31	1.24	2.02	0.21	0.23	ND	0.11	ND	0.66	2.30
5AF13	5	Abril 2007	298.5	1.06	1.80	0.16	ND	ND	0.16	ND	0.73	1.25
5AF14	5	Abril 2007	0.68	0.68	2.50	0.10	ND	ND	0.12	ND	0.72	ND
5AF17	5	Abril 2007	0.40	0.71	2.02	0.08	0.24	ND	ND	ND	0.70	ND
5AF15	5	Abril 2007	0.23	0.73	1.82	1.25	ND	ND	ND	ND	0.99	4.70
5AF16	5	Abril 2007	8.64	0.60	1.10	0.17	ND	ND	0.12	ND	0.58	ND



Núria Ferré Huguet
ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

ANNEX 4- CONCENTRACIÓ DE METALLS EN PARTÍCULES EN SUSPENSÍO DE L'AIGUA FLUVIAL



Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A4.1 – Concentració de metalls en les partícules en suspensió de l'aigua fluvial ($\mu\text{g/g}$). Riu Ebre, març del 2005.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
1PTS1	1	Març 2005	7.43	0.45	26.77	ND	ND	ND	0.50	ND	ND	ND
1PTS2	1	Març 2005	ND	0.27	12.69	ND	ND	ND	0.72	0.81	ND	ND
1PTS3	1	Març 2005	ND	ND	10.33	ND	ND	ND	0.55	0.24	ND	ND
1PTS4	2	Març 2005	ND	0.29	8.85	ND	ND	ND	0.57	2.83	12.21	ND
1PTS5	2	Març 2005	ND	ND	7.21	ND	ND	ND	ND	2.10	ND	ND
1PTS6	2	Març 2005	ND	0.42	22.85	ND	ND	ND	0.68	0.61	ND	ND
1PTS7	3	Març 2005	ND	ND	11.32	ND	ND	ND	0.57	ND	ND	ND
1PTS8	3	Març 2005	ND	ND	3.76	ND	ND	ND	ND	ND	11.45	ND
1PTS9	3	Març 2005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1PTS10	4	Març 2005	ND	ND	19.59	ND	ND	ND	ND	1.98	ND	ND
1PTS11	4	Març 2005	30.34	0.34	56.21	ND	ND	ND	ND	0.84	36.87	ND
1PTS22	6	Març 2005	ND	ND	1.34	ND	ND	ND	ND	0.21	ND	ND
1PTS23	6	Març 2005	1.46	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.11	ND	ND
1PTS24	6	Març 2005	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1PTS25	6	Març 2005	1.48	ND	0.44	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1PTS26	6	Març 2005	ND	ND	0.17	ND	ND	ND	ND	0.38	ND	ND
1PTS27	6	Març 2005	6.12	ND	5.40	ND	ND	ND	ND	0.47	ND	ND
1PTS28	6	Març 2005	14.08	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	27.15	ND
1PTS29	4	Març 2005	10.28	ND	3.75	ND	ND	ND	ND	0.54	ND	ND
1PTS30	4	Març 2005	ND	ND	14.99	ND	ND	ND	ND	0.48	ND	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A4.1 (Continuació) – Concentració de metalls en les partícules en suspensió de l'aigua fluvial ($\mu\text{g/g}$). Riu Ebre, març del 2005.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
1PTS1	1	Març 2005	8.51	80.48	332.5	3.10	0.38	ND	4.11	1.84	31.88	260.3
1PTS2	1	Març 2005	6.62	20.85	82.52	ND	ND	ND	0.69	0.34	6.45	30.28
1PTS3	1	Març 2005	9.94	95.43	366.3	ND	ND	ND	0.88	0.68	16.37	46.44
1PTS4	2	Març 2005	2.28	7.44	31.04	1.32	ND	ND	0.24	0.19	4.04	106.9
1PTS5	2	Març 2005	1.73	8.98	34.33	ND	ND	ND	0.40	0.18	0.44	4.43
1PTS6	2	Març 2005	1.11	4.61	22.08	0.14	ND	ND	0.33	0.18	0.54	6.27
1PTS7	3	Març 2005	2.53	0.25	1.82	0.09	ND	ND	0.18	0.09	0.67	0.76
1PTS8	3	Març 2005	1.88	0.19	1.70	0.06	ND	ND	0.13	0.07	0.38	2.38
1PTS9	3	Març 2005	ND	0.15	0.40	ND	ND	ND	0.11	0.07	0.48	ND
1PTS10	4	Març 2005	1.66	0.16	2.59	0.08	ND	ND	0.11	0.10	0.76	2.30
1PTS11	4	Març 2005	1.47	0.10	2.11	ND	ND	ND	0.11	0.09	0.82	ND
1PTS22	6	Març 2005	11.09	4.42	ND	0.45	ND	ND	0.38	0.35	0.65	2.89
1PTS23	6	Març 2005	ND	0.48	ND	ND	ND	ND	0.32	0.26	0.52	1.45
1PTS24	6	Març 2005	5.48	0.17	ND	0.12	ND	ND	0.32	0.26	0.50	6.97
1PTS25	6	Març 2005	39.23	ND	ND	ND	ND	ND	0.36	0.28	0.32	1.26
1PTS26	6	Març 2005	46.84	2.58	0.38	0.11	ND	ND	0.41	0.28	0.37	2.35
1PTS27	6	Març 2005	109.2	66.49	9.17	7.43	1.81	13.23	10.07	6.90	12.64	43.38
1PTS28	6	Març 2005	18.77	1.18	9.18	0.54	ND	1.04	1.33	0.69	1.60	40.28
1PTS29	4	Març 2005	9.26	1.31	8.50	0.49	ND	5.66	1.72	0.64	0.83	13.99
1PTS30	4	Març 2005	65.23	10.77	71.0	4.12	0.69	27.26	8.67	3.80	17.54	80.91

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A4.2 – Concentració de metalls en les partícules en suspensió de l'aigua fluvial ($\mu\text{g/g}$). Riu Ebre, març del 2006.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
2PTS1	1	Març 2006	30.14	1.36	54.19	ND	ND	0.39	1.11	15.03	ND	ND
2PTS2	1	Març 2006	15.11	0.90	39.47	ND	ND	0.25	ND	9.52	ND	ND
2PTS3	1	Març 2006	16.68	0.50	28.35	ND	ND	0.19	ND	5.01	ND	ND
2PTS4	2	Març 2006	8.28	0.51	15.47	ND	ND	ND	ND	1.54	ND	ND
2PTS5	2	Març 2006	5.23	ND	12.24	ND	ND	ND	ND	2.15	ND	ND
2PTS6	2	Març 2006	7.82	ND	10.55	ND	ND	ND	ND	1.06	ND	ND
2PTS7	3	Març 2006	7.48	ND	10.42	ND	ND	ND	ND	0.79	ND	ND
2PTS8	3	Març 2006	11.92	ND	10.26	ND	ND	ND	0.70	1.54	ND	ND
2PTS9	3	Març 2006	15.85	ND	10.05	ND	ND	ND	ND	1.71	ND	ND
2PTS10	4	Març 2006	13.14	ND	8.75	ND	ND	ND	0.81	1.33	ND	ND
2PTS11	4	Març 2006	8.37	ND	7.41	ND	ND	ND	ND	0.86	ND	ND
2PTS22	6	Març 2006	31.03	ND	5.11	ND	ND	0.33	3.47	20.00	ND	0.53
2PTS23	6	Març 2006	12.84	ND	3.13	ND	ND	0.19	1.20	16.51	ND	ND
2PTS24	6	Març 2006	115.22	0.32	14.24	ND	ND	0.28	2.19	31.13	ND	ND
2PTS25	6	Març 2006	51.65	0.27	11.48	ND	ND	0.24	1.42	7.57	ND	ND
2PTS26	6	Març 2006	112.0	1.01	71.73	ND	ND	0.73	5.36	40.59	ND	ND
2PTS27	6	Març 2006	113.4	0.80	51.26	0.11	0.05	1.27	8.93	107.3	10.68	0.21
2PTS28	6	Març 2006	202.8	1.30	55.62	ND	ND	0.51	0.80	46.82	ND	ND
2PTS29	4	Març 2006	139.7	2.82	101.2	0.13	0.07	0.68	0.67	42.02	13.31	0.27

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A4.2 (Continuació) – Concentració de metalls en les partícules en suspensió de l'aigua fluvial ($\mu\text{g/g}$). Riu Ebre, març del 2006.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
2PTS1	1	Març 2006	10.94	1.01	1.67	0.25	ND	2.61	0.35	ND	21.69	9.17
2PTS2	1	Març 2006	5.97	0.70	0.87	0.20	ND	1.89	0.93	ND	12.97	6.50
2PTS3	1	Març 2006	3.74	0.59	0.63	0.12	ND	1.26	0.24	ND	8.15	4.84
2PTS4	2	Març 2006	2.35	0.34	0.40	ND	ND	ND	0.11	ND	4.14	1.00
2PTS5	2	Març 2006	2.07	0.25	0.31	0.05	ND	ND	0.14	ND	2.94	4.11
2PTS6	2	Març 2006	1.94	0.24	0.28	ND	ND	ND	ND	ND	2.31	1.10
2PTS7	3	Març 2006	3.06	0.22	0.20	0.07	ND	ND	ND	ND	2.14	0.67
2PTS8	3	Març 2006	4.16	0.20	0.25	0.36	ND	ND	0.14	ND	2.02	1.15
2PTS9	3	Març 2006	5.05	0.22	0.21	0.10	ND	ND	0.21	ND	ND	1.05
2PTS10	4	Març 2006	5.91	0.19	0.24	0.09	ND	ND	ND	ND	ND	1.38
2PTS11	4	Març 2006	2.71	0.16	ND	0.06	ND	ND	ND	ND	ND	0.99
2PTS22	6	Març 2006	2.87	4.81	4.24	2.00	2.04	1.82	0.80	ND	62.65	14.25
2PTS23	6	Març 2006	1.31	2.97	2.83	0.44	0.83	1.92	0.50	ND	43.28	5.35
2PTS24	6	Març 2006	17.08	3.67	3.74	0.86	1.02	3.33	0.62	ND	72.53	9.96
2PTS25	6	Març 2006	43.54	1.33	1.38	0.59	0.86	4.08	0.77	ND	39.74	3.55
2PTS26	6	Març 2006	90.01	3.81	2.98	2.16	2.68	17.79	1.49	ND	134.6	32.10
2PTS27	6	Març 2006	14.81	18.21	17.55	2.62	3.51	17.43	1.42	0.05	262.5	35.50
2PTS28	6	Març 2006	21.55	2.16	3.32	2.38	ND	ND	0.30	ND	1.11	44.48
2PTS29	4	Març 2006	25.73	4.39	4.25	2.45	0.27	1.33	0.90	0.07	4.70	43.13

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A4.3 – Concentració de metalls en les partícules en suspensió de l'aigua fluvial ($\mu\text{g/g}$). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, gener i abril del 2006.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
1PTS12	5	Gener 2006	7.43	0.45	26.77	ND	ND	ND	0.50	ND	ND	ND
1PTS13	5	Gener 2006	ND	0.27	12.69	ND	ND	ND	0.72	0.81	ND	ND
1PTS14	5	Gener 2006	ND	ND	10.33	ND	ND	ND	0.55	0.24	ND	ND
1PTS15	5	Gener 2006	ND	0.29	8.85	ND	ND	ND	0.57	2.83	12.21	ND
1PTS16	5	Gener 2006	ND	ND	7.21	ND	ND	ND	ND	2.10	ND	ND
1PTS17	5	Gener 2006	ND	0.42	22.85	ND	ND	ND	0.68	0.61	ND	ND
1PTS18	5	Gener 2006	ND	ND	11.32	ND	ND	ND	0.57	ND	ND	ND
1PTS19	5	Gener 2006	ND	ND	3.76	ND	ND	ND	ND	ND	11.45	ND
1PTS20	5	Gener 2006	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
1PTS21	5	Gener 2006	ND	ND	19.59	ND	ND	ND	ND	1.98	ND	ND
2PTS12	5	Abril 2006	30.34	0.34	56.21	ND	ND	ND	ND	0.84	36.87	ND
2PTS13	5	Abril 2006	ND	ND	1.34	ND	ND	ND	ND	0.21	ND	ND
2PTS14	5	Abril 2006	1.46	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.11	ND	ND
2PTS15	5	Abril 2006	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2PTS16	5	Abril 2006	1.48	ND	0.44	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
2PTS17	5	Abril 2006	ND	ND	0.17	ND	ND	ND	ND	0.38	ND	ND
2PTS18	5	Abril 2006	6.12	ND	5.40	ND	ND	ND	ND	0.47	ND	ND
2PTS19	5	Abril 2006	14.08	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	27.15	ND
2PTS20	5	Abril 2006	10.28	ND	3.75	ND	ND	ND	ND	0.54	ND	ND
2PTS21	5	Abril 2006	ND	ND	14.99	ND	ND	ND	ND	0.48	ND	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A4.3 (Continuació) – Concentració de metalls en les partícules en suspensió de l'aigua fluvial ($\mu\text{g/g}$). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, gener i abril del 2006.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
1PTS12	5	Gener 2006	17.40	ND	0.42	0.13	ND	ND	ND	ND	0.60	0.88
1PTS13	5	Gener 2006	ND	ND	2.01	ND	ND	ND	ND	ND	0.89	ND
1PTS14	5	Gener 2006	ND	ND	2.17	ND	ND	ND	ND	ND	0.48	ND
1PTS15	5	Gener 2006	0.33	ND	0.34	0.14	ND	ND	ND	ND	2.03	ND
1PTS16	5	Gener 2006	0.31	ND	0.48	0.15	ND	ND	ND	ND	1.34	ND
1PTS17	5	Gener 2006	0.19	ND	0.30	0.05	ND	ND	ND	ND	0.25	ND
1PTS18	5	Gener 2006	ND	ND	5.88	ND	ND	ND	ND	ND	0.52	ND
1PTS19	5	Gener 2006	6.10	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.38	ND
1PTS20	5	Gener 2006	0.29	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.65	ND
1PTS21	5	Gener 2006	0.20	ND	2.08	0.08	ND	ND	ND	ND	1.42	ND
2PTS12	5	Abril 2006	36.35	0.66	1.81	0.17	ND	ND	ND	ND	3.60	ND
2PTS13	5	Abril 2006	0.16	0.10	0.27	ND	ND	ND	ND	ND	1.72	ND
2PTS14	5	Abril 2006	3.39	0.44	ND	0.18	ND	ND	ND	ND	2.99	ND
2PTS15	5	Abril 2006	3.91	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.49	ND
2PTS16	5	Abril 2006	ND	0.13	0.45	ND	ND	ND	ND	ND	1.30	ND
2PTS17	5	Abril 2006	ND	0.15	0.20	ND	ND	ND	ND	ND	1.33	ND
2PTS18	5	Abril 2006	0.21	0.32	0.89	0.18	ND	ND	ND	ND	2.77	ND
2PTS19	5	Abril 2006	0.42	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.80	ND
2PTS20	5	Abril 2006	0.37	0.19	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.42	ND
2PTS21	5	Abril 2006	ND	0.29	2.40	ND	ND	ND	ND	ND	2.07	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A4.4 – Concentració de metalls en les partícules en suspensió de l'aigua fluvial ($\mu\text{g/g}$). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, octubre del 2006, gener i abril del 2007.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
3PTS12	5	Octubre 2006	30.34	0.34	56.21	ND	ND	ND	ND	0.84	36.87	ND
3PTS13	5	Octubre 2006	ND	ND	1.34	ND	ND	ND	ND	0.21	ND	ND
3PTS14	5	Octubre 2006	1.46	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.11	ND	ND
3PTS15	5	Octubre 2006	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3PTS16	5	Octubre 2006	1.48	ND	0.44	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
3PTS17	5	Octubre 2006	ND	ND	0.17	ND	ND	ND	ND	0.38	ND	ND
3PTS18	5	Octubre 2006	6.12	ND	5.40	ND	ND	ND	ND	0.47	ND	ND
3PTS19	5	Octubre 2006	14.08	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	27.15	ND
3PTS20	5	Octubre 2006	10.28	ND	3.75	ND	ND	ND	ND	0.54	ND	ND
3PTS21	5	Octubre 2006	ND	ND	14.99	ND	ND	ND	ND	0.48	ND	ND
4PTS12	5	Gener 2007	49.99	0.49	4.31	ND	ND	ND	ND	1.69	92.44	ND
4PTS13	5	Gener 2007	4.64	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.86	11.61	ND
4PTS14	5	Gener 2007	4.75	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.32	ND	ND
4PTS15	5	Gener 2007	61.05	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.60	47.52	ND
4PTS16	5	Gener 2007	30.84	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.87	ND	ND
4PTS17	5	Gener 2007	7.81	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.65	12.53	ND
4PTS18	5	Gener 2007	6.70	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.94	10.12	ND
4PTS19	5	Gener 2007	ND	ND	0.55	ND	ND	ND	ND	0.87	29.48	ND
4PTS20	5	Gener 2007	32.12	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	16.55	ND
4PTS21	5	Gener 2007	10.55	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.34	17.58	ND
5PTS12	5	Abril 2007	39.16	0.47	6.85	ND	ND	ND	ND	1.09	95.00	ND
5PTS13	5	Abril 2007	7.64	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.71	ND	ND
5PTS14	5	Abril 2007	26.67	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.48	ND	ND
5PTS17	5	Abril 2007	30.91	ND	3.32	ND	ND	ND	ND	0.67	36.52	ND
5PTS15	5	Abril 2007	3.83	ND	ND	ND	ND	ND	ND	0.78	ND	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A4.4 (Continuació) – Concentració de metalls en les partícules en suspensió de l'aigua fluvial ($\mu\text{g/g}$). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, octubre del 2006, gener i abril del 2007.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
3PTS12	5	Octubre 2006	36.35	0.66	1.81	0.17	ND	ND	ND	ND	3.60	ND
3PTS13	5	Octubre 2006	0.16	0.10	0.27	ND	ND	ND	ND	ND	1.72	ND
3PTS14	5	Octubre 2006	3.39	0.44	ND	0.18	ND	ND	ND	ND	2.99	ND
3PTS15	5	Octubre 2006	3.91	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	3.49	ND
3PTS16	5	Octubre 2006	ND	0.13	0.45	ND	ND	ND	ND	ND	1.30	ND
3PTS17	5	Octubre 2006	ND	0.15	0.20	ND	ND	ND	ND	ND	1.33	ND
3PTS18	5	Octubre 2006	0.21	0.32	0.89	0.18	ND	ND	ND	ND	2.77	ND
3PTS19	5	Octubre 2006	0.42	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.80	ND
3PTS20	5	Octubre 2006	0.37	0.19	ND	ND	ND	ND	ND	ND	2.42	ND
3PTS21	5	Octubre 2006	ND	0.29	2.40	ND	ND	ND	ND	ND	2.07	ND
4PTS12	5	Octubre 2006	21.64	ND	ND	0.56	ND	ND	ND	ND	ND	3.41
4PTS13	5	Gener 2007	0.70	ND	ND	0.06	ND	ND	0.13	ND	ND	1.61
4PTS14	5	Gener 2007	0.19	ND	ND	0.21	ND	ND	ND	ND	ND	1.00
4PTS15	5	Gener 2007	5.52	ND	ND	0.20	1.22	ND	ND	ND	ND	3.02
4PTS16	5	Gener 2007	0.38	ND	ND	0.09	ND	ND	ND	ND	ND	1.68
4PTS17	5	Gener 2007	0.82	ND	ND	1.47	ND	ND	ND	ND	ND	1.71
4PTS18	5	Gener 2007	0.59	ND	ND	0.41	ND	ND	ND	ND	ND	2.55
4PTS19	5	Gener 2007	6.34	ND	ND	0.08	ND	ND	ND	ND	ND	1.28
4PTS20	5	Gener 2007	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
4PTS21	5	Gener 2007	ND	ND	ND	0.05	ND	ND	ND	ND	ND	0.92
5PTS12	5	Gener 2007	37.38	ND	ND	0.68	ND	ND	ND	ND	ND	2.68
5PTS13	5	Abril 2007	0.52	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	1.33
5PTS14	5	Abril 2007	0.35	ND	ND	0.15	ND	ND	ND	ND	ND	0.69
5PTS17	5	Abril 2007	3.96	ND	ND	3.36	0.66	ND	ND	ND	ND	0.60
5PTS15	5	Abril 2007	0.51	ND	ND	0.13	ND	ND	ND	ND	ND	1.49



Núria Ferré Huguet
ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

ANNEX 5- CONCENTRACIÓ DE METALLS SEDIMENTS SUPERFICIALS FLUVIALS



Núria Ferré Huguet
ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A5.1 – Concentració de metalls en sediments superficials fluvials (mg/kg pes sec). Riu Ebre, març del 2005.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-EOS	HG-ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
1S1	1	Març 2005	8334.6	5.79	56.15	0.59	0.13	ND	0.52	8.80	11371.9	ND
1S2	1	Març 2005	12434.3	8.40	53.24	0.74	0.19	ND	0.72	28.58	17684.6	ND
1S3	2	Març 2005	8960.4	6.36	57.71	0.73	0.13	ND	0.42	11.51	11012.2	ND
1S4	2	Març 2005	13672.2	6.57	102.0	0.78	0.67	ND	0.87	17.32	15941.2	3.03
1S5	2	Març 2005	13833.4	11.17	438.8	0.91	0.37	6.89	1.11	18.82	18931.1	4.20
1S6	3	Març 2005	10258.8	6.21	111.8	0.59	0.33	4.84	0.79	14.80	13220.6	1.08
1S7	3	Març 2005	11752.9	6.86	81.04	0.63	0.30	6.03	0.85	15.03	16023.2	1.26
1S8	3	Març 2005	8774.6	6.03	111.7	0.53	0.31	4.62	0.61	14.10	13566.7	0.57
1S9	4	Març 2005	10089.5	6.03	115.6	0.60	0.50	5.40	0.68	21.66	14414.3	1.40
1S10	4	Març 2005	4591.5	2.74	36.93	0.26	0.14	2.65	0.26	4.78	7638.0	0.21
1S11	4	Març 2005	5969.6	4.28	53.72	0.37	0.16	3.13	0.45	8.33	9076.3	0.27
1S22	6	Març 2005	8271.9	5.03	83.76	0.49	0.35	4.83	0.77	13.96	12243.3	0.64
1S23	6	Març 2005	4595.2	6.97	9.13	0.32	0.08	ND	0.40	5.03	9556.0	ND
1S24	6	Març 2005	5214.1	6.15	14.51	0.30	0.08	2.30	0.41	3.93	9330.6	ND
1S25	6	Març 2005	6535.1	6.44	15.81	0.34	0.09	3.49	0.41	6.44	12173.0	ND
1S26	6	Març 2005	4824.2	4.05	12.85	0.25	0.05	1.95	0.25	3.51	7165.0	ND
1S27	6	Març 2005	6219.1	4.58	29.49	0.33	0.10	3.39	0.65	7.52	11889.2	ND
1S28	6	Març 2005	10038.7	7.05	40.12	0.66	0.25	4.83	1.05	17.22	18687.6	0.11
1S29	4	Març 2005	3563.5	7.18	8.73	0.24	0.08	2.22	0.31	3.11	7740.4	ND
1S30.1	4	Març 2005	3558.9	6.58	7.94	0.21	0.08	1.94	0.28	2.49	7886.6	ND
1S30.2	4	Març 2005	12702.2	8.56	97.58	0.71	0.25	6.58	0.73	18.61	19017.1	0.15



Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A5.1 (Continuació) – Concentració de metalls en sediments superficials fluvials (mg/kg pes sec). Riu Ebre, març del 2005.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
1S1	1	Març 2005	255.0	0.36	ND	11.12	ND	16.98	0.53	0.11	15.80	25.53
1S2	1	Març 2005	461.5	1.05	ND	19.90	ND	25.50	0.25	0.04	12.74	45.27
1S3	2	Març 2005	185.8	0.84	ND	14.65	ND	18.03	0.25	ND	4.18	29.25
1S4	2	Març 2005	412.8	0.75	ND	34.80	ND	34.79	0.56	0.11	20.03	62.69
1S5	2	Març 2005	529.4	0.65	24.64	28.72	ND	30.92	1.00	0.12	21.71	65.95
1S6	3	Març 2005	546.3	0.50	19.39	31.20	ND	21.15	0.56	0.08	17.89	63.40
1S7	3	Març 2005	1269.0	0.44	23.82	13.84	ND	23.31	0.25	0.09	19.92	54.36
1S8	3	Març 2005	376.2	0.35	18.54	37.92	ND	24.79	0.49	0.09	19.92	60.88
1S9	4	Març 2005	434.4	0.37	22.90	31.25	ND	26.16	0.25	0.10	23.97	60.35
1S10	4	Març 2005	223.4	0.19	10.98	10.23	ND	14.34	ND	0.07	10.11	29.97
1S11	4	Març 2005	307.4	0.23	13.74	13.30	ND	16.40	0.12	ND	8.88	34.71
1S22	6	Març 2005	492.5	0.29	18.73	21.00	ND	23.51	ND	0.14	8.49	53.23
1S23	6	Març 2005	256.2	0.25	ND	7.96	ND	9.85	0.10	0.12	8.61	25.14
1S24	6	Març 2005	229.4	2.38	10.20	5.95	ND	9.61	0.08	0.05	18.12	17.36
1S25	6	Març 2005	279.1	0.61	14.36	9.48	ND	12.72	ND	0.16	18.08	22.86
1S26	6	Març 2005	129.8	0.13	10.04	4.09	ND	7.88	ND	0.11	15.50	12.61
1S27	6	Març 2005	256.1	0.37	14.84	8.29	ND	13.04	ND	0.10	19.00	24.09
1S28	6	Març 2005	349.5	2.25	19.51	16.86	ND	21.67	0.05	0.19	17.80	41.82
1S29	4	Març 2005	200.9	0.23	10.63	5.15	ND	8.50	0.25	0.04	16.62	14.74
1S30.1	4	Març 2005	220.9	0.19	9.00	4.69	ND	7.40	0.49	0.13	16.15	12.65
1S30.2	4	Març 2005	376.2	0.27	27.92	32.84	ND	26.35	0.25	0.09	10.08	57.86



Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A5.2 – Concentració de metalls en sediments superficials fluvials (mg/kg pes sec). Riu Ebre, març del 2006.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-EOS	HG-ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
2S1	1	Març 2006	4049.7	4.05	49.89	0.35	0.12	3.57	8.61	9.10	7882.4	0.15
2S2	1	Març 2006	3863.8	4.49	18.90	0.27	0.09	3.07	7.32	100.7	8209.0	ND
2S4	2	Març 2006	5909.8	5.93	75.29	0.58	0.24	4.38	10.38	8.05	9438.5	1.82
2S5	2	Març 2006	9390.9	9.61	105.9	0.65	0.50	10.03	18.79	22.82	15984.7	4.92
2S6	2	Març 2006	7116.0	8.86	82.51	0.50	0.35	8.29	15.04	20.93	13627.4	2.56
2S7	3	Març 2006	8643.3	8.87	191.2	0.56	0.71	8.59	17.78	22.48	17160.5	1.36
2S8	3	Març 2006	4381.1	3.36	33.56	0.25	0.15	2.97	8.52	5.39	8093.3	0.36
2S9	3	Març 2006	3499.6	3.68	45.92	0.24	0.19	2.62	7.12	3.71	7354.3	0.25
2S21	4	Març 2006	2730.3	4.24	15.55	0.21	0.12	2.99	5.78	5.22	8588.1	0.11
2S22	4	Març 2006	3574.1	6.48	9.59	0.28	0.10	3.60	8.17	3.03	9472.6	ND
2S23	4	Març 2006	3231.1	5.77	7.46	0.23	0.11	3.09	7.25	2.65	8480.6	ND
2S23	6	Març 2006	4186.3	8.98	8.51	0.26	0.13	4.03	8.55	2.80	9674.6	ND
2S24	6	Març 2006	6399.2	13.72	16.99	0.50	0.24	6.14	12.97	8.81	15393.0	0.16
2S25	6	Març 2006	6001.7	13.07	15.11	0.38	0.19	5.65	12.16	7.94	14551.7	0.12
2S26	6	Març 2006	4907.1	15.88	17.34	0.36	0.17	3.97	10.33	9.03	13120.6	0.10
2S27	6	Març 2006	5731.7	8.22	24.54	0.43	0.16	5.24	18.41	6.72	12453.7	ND
2S28	6	Març 2006	2649.3	7.18	5.06	0.13	0.09	2.40	5.75	0.89	6968.3	ND
2S29	4	Març 2006	4169.8	2.98	36.05	0.28	0.10	2.14	7.67	3.13	4429.0	ND
2S30	4	Març 2006	2103.5	3.04	5.19	0.14	0.05	2.40	4.11	2.36	5032.9	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A5.2 (Continuació) – Concentració de metalls en sediments superficials fluvials (mg/kg pes sec). Riu Ebre, març del 2006.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
2S1	1	Març 2006	158.2	0.33	18.29	11.16	ND	ND	ND	0.07	10.11	53.42
2S2	1	Març 2006	184.9	0.51	12.88	16.55	ND	0.76	0.12	0.09	8.77	34.90
2S4	2	Març 2006	199.0	0.52	22.81	11.20	ND	ND	ND	0.05	13.48	37.22
2S5	2	Març 2006	2316.1	0.74	26.52	19.78	ND	0.76	0.10	0.13	18.64	95.33
2S6	2	Març 2006	1571.0	0.49	29.46	108.5	ND	ND	0.08	0.12	14.57	80.32
2S7	3	Març 2006	525.2	0.26	23.36	193.1	ND	0.96	ND	ND	18.48	176.5
2S8	3	Març 2006	210.8	0.14	16.14	14.83	ND	0.55	ND	ND	8.88	40.14
2S9	3	Març 2006	179.6	0.23	18.10	34.07	ND	ND	ND	0.14	8.49	48.74
2S21	4	Març 2006	137.8	0.41	15.20	22.95	ND	ND	0.05	0.12	8.61	39.08
2S22	4	Març 2006	259.0	1.33	18.83	11.61	ND	ND	0.06	0.05	18.12	32.75
2S23	4	Març 2006	231.1	1.17	14.12	6.94	ND	1.14	0.17	0.16	18.08	36.70
2S23	6	Març 2006	274.1	0.59	17.94	7.50	ND	ND	0.07	0.11	15.50	31.80
2S24	6	Març 2006	472.8	0.71	18.75	15.86	ND	ND	0.14	0.10	19.00	50.67
2S25	6	Març 2006	488.3	0.63	23.83	14.51	ND	0.80	ND	0.19	17.80	38.09
2S26	6	Març 2006	255.7	0.33	16.40	10.26	ND	ND	ND	0.04	16.62	36.77
2S27	6	Març 2006	272.1	0.24	17.18	12.16	ND	0.71	0.10	0.13	16.15	37.53
2S28	6	Març 2006	210.2	0.21	14.45	4.37	ND	0.53	0.13	0.09	10.08	29.13
2S29	4	Març 2006	130.4	0.63	18.98	9.34	ND	ND	0.06	0.05	13.37	39.34
2S30	4	Març 2006	119.8	0.17	14.68	3.90	ND	ND	ND	0.05	6.54	23.10



Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A5.3 – Concentració de metalls en sediments superficials fluvials (mg/kg pes sec). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, gener i abril del 2006.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-EOS	HG-ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
1S12	5	Gener 2006	2500.0	13.75	152.8	0.60	0.32	25.70	13.00	42.44	29311.5	ND
1S13	5	Gener 2006	4689.2	9.80	104.4	0.60	0.10	16.31	9.33	25.28	21250.0	ND
1S15	5	Gener 2006	7187.5	12.56	97.39	0.61	0.27	19.56	10.26	29.56	27049.9	ND
1S14	5	Gener 2006	5174.9	14.26	125.7	0.93	0.64	28.81	15.22	35.14	34505.6	0.11
1S16	5	Gener 2006	2500.0	11.03	83.03	0.62	0.29	24.40	10.65	28.19	26625.4	ND
1S17	5	Gener 2006	2983.4	6.21	220.2	0.37	0.75	8.75	8.57	52.50	11347.6	ND
1S18	5	Gener 2006	7138.5	11.79	86.62	0.51	0.51	16.26	7.50	23.04	19656.2	ND
1S19	5	Gener 2006	9047.0	4.08	196.6	0.21	0.12	7.62	3.64	5.10	7690.1	ND
1S20	5	Gener 2006	2500.0	2.94	88.6	0.23	0.13	8.69	3.51	10.94	8302.7	ND
1S21	5	Gener 2006	5500.6	6.85	226.0	0.41	0.20	14.12	7.55	28.01	22667.9	ND
2S12	5	Abril 2006	10880.2	5.11	90.50	0.65	0.16	20.34	34.55	9.62	20521.2	ND
2S13	5	Abril 2006	11030.1	12.52	110.0	0.62	0.13	21.27	25.29	10.31	25842.4	ND
2S15	5	Abril 2006	16905.4	15.89	77.07	0.95	0.62	33.86	39.56	14.41	37963.7	ND
2S14	5	Abril 2006	14515.1	17.00	81.95	0.79	0.28	27.73	41.80	11.50	36150.9	ND
2S16	5	Abril 2006	11141.9	9.34	107.3	0.55	0.25	22.99	36.33	9.77	25907.1	ND
2S17	5	Abril 2006	10661.1	10.33	89.69	0.51	0.42	20.99	25.77	8.72	23554.3	ND
2S18	5	Abril 2006	4099.7	3.72	103.3	0.27	0.11	8.53	7.19	4.38	7741.5	ND
2S19	5	Abril 2006	3174.7	3.21	178.9	0.13	0.08	5.46	9.78	2.55	6057.1	ND
2S20	5	Abril 2006	10803.8	12.35	82.71	0.62	0.18	19.51	29.11	9.78	25243.9	0.10
2S21	5	Abril 2006	19332.9	13.05	129.0	1.13	0.48	37.27	54.33	16.83	39503.0	ND



Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A5.3 (Continuació) – Concentració de metalls pesants en sediments superficials fluvials (mg/kg pes sec). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, gener i abril del 2006.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
1S12	5	Gener 2006	ND	0.69	30.15	34.90	ND	0.71	0.71	0.03	0.32	182.5
1S13	5	Gener 2006	ND	1.10	22.89	16.83	ND	0.53	0.53	ND	33.91	65.59
1S15	5	Gener 2006	ND	0.67	25.10	21.72	ND	ND	0.25	ND	25.99	79.81
1S14	5	Gener 2006	ND	0.30	36.15	72.97	ND	ND	0.25	0.09	29.74	181.6
1S16	5	Gener 2006	ND	0.53	28.18	50.07	ND	0.56	0.56	0.15	25.44	131.9
1S17	5	Gener 2006	ND	0.43	12.29	1353.7	ND	1.00	1.00	0.18	65.71	136.1
1S18	5	Gener 2006	ND	0.51	18.26	293.7	ND	0.56	0.56	0.05	24.08	135.2
1S19	5	Gener 2006	ND	0.25	11.06	11.10	ND	ND	0.25	0.12	35.92	30.57
1S20	5	Gener 2006	ND	0.23	11.08	16.97	ND	ND	0.49	0.11	42.66	40.05
1S21	5	Gener 2006	ND	0.63	12.42	20.44	ND	0.55	0.25	0.06	31.66	86.75
2S12	5	Abril 2006	850.9	0.55	32.77	33.64	ND	ND	ND	0.07	24.50	120.9
2S13	5	Abril 2006	266.6	0.21	26.82	24.98	ND	ND	0.12	0.09	19.25	76.18
2S15	5	Abril 2006	454.5	0.30	27.23	23.16	ND	ND	ND	0.05	21.62	72.76
2S14	5	Abril 2006	625.8	0.29	38.40	90.13	ND	0.76	0.10	0.13	31.43	197.2
2S16	5	Abril 2006	496.9	0.55	30.60	91.46	ND	ND	0.08	0.12	33.24	162.3
2S17	5	Abril 2006	449.5	0.42	27.50	352.0	ND	0.96	ND	ND	24.62	130.4
2S18	5	Abril 2006	373.7	0.35	23.43	158.0	ND	0.55	ND	ND	25.96	137.7
2S19	5	Abril 2006	369.3	0.35	19.12	13.59	ND	ND	ND	0.14	13.32	55.88
2S20	5	Abril 2006	339.4	0.18	20.23	13.74	ND	ND	0.05	0.12	7.21	53.00
2S21	5	Abril 2006	417.5	0.36	30.60	23.94	ND	ND	0.06	0.05	20.44	78.99

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A5.4 – Concentració de metalls pesants en sediments superficials fluvials (mg/kg pes sec). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, octubre del 2006 i gener del 2007.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-EOS	HG-ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
3S12	5	Octubre 2006	11887.4	8.80	123.2	0.54	0.41	12.10	24.93	20.67	26606.0	ND
3S13	5	Octubre 2006	12368.4	8.24	84.22	1.13	0.12	18.37	23.64	39.70	28434.2	ND
3S15	5	Octubre 2006	6906.1	13.11	72.89	0.32	0.10	6.24	12.98	14.46	18260.1	ND
3S14	5	Octubre 2006	18805.9	18.07	101.4	1.13	0.86	16.21	38.00	40.53	44588.4	ND
3S16	5	Octubre 2006	13918.8	10.70	66.96	0.66	0.24	10.77	28.95	23.75	33132.3	ND
3S17	5	Octubre 2006	3056.5	5.48	177.6	0.37	0.56	3.30	7.59	18.19	8494.7	ND
3S18	5	Octubre 2006	2721.4	5.16	150.5	0.34	0.43	3.01	6.36	21.97	7697.9	ND
3S19	5	Octubre 2006	7759.5	9.40	158.5	0.70	0.46	6.85	15.74	53.17	13170.7	ND
3S20	5	Octubre 2006	1599.2	14.35	313.4	0.13	0.07	3.03	2.66	4.80	8240.5	ND
3S21	5	Octubre 2006	1098.4	3.91	182.3	0.08	0.06	1.05	2.23	3.83	2454.5	ND
3S22	5	Octubre 2006	6236.0	5.78	50.51	0.48	0.07	6.67	11.87	19.74	16112.1	ND
4S12	5	Gener 2007	13647.7	10.75	125.1	0.74	0.37	13.69	27.26	25.78	31366.5	ND
4S13	5	Gener 2007	10512.8	7.40	72.98	0.96	0.09	15.72	19.21	32.80	24596.3	ND
4S14	5	Gener 2007	5386.6	10.79	78.19	0.35	0.08	5.17	10.41	10.48	14363.6	ND
4S15	5	Gener 2007	13441.0	20.14	76.59	0.82	0.54	11.58	26.06	27.75	31230.2	ND
4S16	5	Gener 2007	12260.2	11.36	53.68	0.62	0.22	9.64	27.90	22.64	28313.5	ND
4S17	5	Gener 2007	2397.8	5.32	135.1	0.31	0.46	2.84	5.85	12.76	6836.6	ND
4S18	5	Gener 2007	2818.0	5.45	142.5	0.36	0.44	3.12	6.78	17.33	7883.1	ND
4S19	5	Gener 2007	6977.0	8.18	138.9	0.66	0.38	6.12	13.70	47.33	11683.1	ND
4S20	5	Gener 2007	1893.4	10.64	318.4	0.17	0.09	2.60	3.78	6.89	5726.7	ND
4S21	5	Gener 2007	1460.7	4.30	220.8	0.10	0.08	1.40	3.00	5.42	3206.0	ND



Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A5.4 (Continuació) – Concentració de metalls en sediments superficials fluvials (mg/kg pes sec). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, octubre del 2006 i gener del 2007.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
3S12	5	Octubre 2006	675.1	0.24	26.42	26.50	ND	ND	0.14	0.10	22.99	141.6
3S13	5	Octubre 2006	579.7	0.75	32.51	36.80	ND	0.80	ND	0.19	22.50	84.49
3S15	5	Octubre 2006	276.1	0.48	16.48	12.25	ND	ND	ND	0.04	14.24	43.72
3S14	5	Octubre 2006	691.4	0.33	41.94	78.54	ND	0.71	0.10	0.13	37.84	224.8
3S16	5	Octubre 2006	440.3	0.27	29.36	36.13	ND	0.53	0.13	0.09	29.91	131.30
3S17	5	Octubre 2006	281.0	0.20	7.29	789.7	ND	ND	0.06	0.05	10.22	98.68
3S18	5	Octubre 2006	237.3	0.18	6.66	807.5	ND	ND	ND	0.05	8.83	96.95
3S19	5	Octubre 2006	295.9	0.32	15.29	188.9	ND	0.56	0.07	0.12	18.96	103.6
3S20	5	Octubre 2006	4360.7	0.20	6.95	6.35	ND	1.00	ND	ND	8.19	23.30
3S21	5	Octubre 2006	501.4	0.09	5.80	4.05	ND	0.56	ND	ND	3.20	10.30
3S22	5	Octubre 2006	273.6	0.12	17.44	14.33	ND	ND	ND	0.07	12.85	42.78
4S12	5	Gener 2007	835.7	0.33	30.23	32.36	ND	ND	0.05	0.12	23.59	135.91
4S13	5	Gener 2007	514.1	0.48	27.32	22.78	ND	0.55	ND	0.14	18.34	74.22
4S14	5	Gener 2007	236.4	0.20	12.31	10.20	ND	ND	ND	0.04	11.20	35.81
4S15	5	Gener 2007	536.5	0.32	29.44	92.64	ND	ND	ND	0.10	25.31	178.8
4S16	5	Gener 2007	446.5	0.26	29.87	37.07	ND	ND	0.06	0.09	27.17	128.6
4S17	5	Gener 2007	217.6	0.21	6.17	697.1	ND	ND	ND	0.05	7.62	94.39
4S18	5	Gener 2007	267.9	0.23	6.95	893.7	ND	ND	ND	0.06	8.89	93.28
4S19	5	Gener 2007	257.2	0.32	13.27	168.4	ND	ND	0.11	0.11	15.80	94.08
4S20	5	Gener 2007	2688.4	0.30	8.32	11.71	ND	0.70	0.17	0.04	12.74	30.97



Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A5.5 – Concentració de metalls en sediments superficials fluvials (mg/kg pes sec). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, abril del 2007.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-EOS	HG-ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
5S12	5	Abril 2007	9794.6	8.05	52.29	0.62	0.08	9.72	20.69	38.20	23706.6	ND
5S13	5	Abril 2007	13151.8	9.79	137.0	0.62	0.47	11.95	26.06	25.51	32019.3	ND
5S14	5	Abril 2007	9198.0	9.92	52.79	0.54	0.11	9.02	18.21	21.48	22785.1	ND
5S17	5	Abril 2007	9725.8	10.04	53.43	0.61	0.15	9.13	18.24	20.25	25978.0	ND
5S15	5	Abril 2007	9725.8	10.04	53.43	0.61	0.15	9.13	18.24	20.25	25978.0	ND
5S16	5	Abril 2007	12617.1	11.83	79.45	0.78	0.82	12.03	24.40	28.24	28111.3	ND

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
5S12	5	Abril 2007	368.4	0.25	25.34	19.59	ND	0.55	0.13	0.11	20.03	80.71
5S13	5	Abril 2007	604.2	0.35	28.06	75.66	ND	ND	ND	0.12	21.71	132.1
5S14	5	Abril 2007	367.7	0.42	22.16	19.79	ND	ND	ND	0.08	17.89	63.34
5S17	5	Abril 2007	437.6	0.35	23.72	17.14	ND	ND	ND	0.09	19.92	78.99
5S15	5	Abril 2007	437.6	0.35	23.72	17.14	ND	ND	ND	0.09	19.92	78.99
5S16	5	Abril 2007	968.2	0.37	27.92	60.30	ND	0.72	ND	0.10	23.97	163.0



Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A5.6 – Concentració de metalls en sediments fluvials, expressats en mg/kg.

Nom	Zona	País		Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Referència
Odiel	Marismas del Odiel	Huelva							53	1196		121536		(Luque i col·ls., 2003)
Tinto	Ría de Huelva	Huelva	Industrial		574.0	582.0		3.9	19	74	756			(Luque i col·ls., 2003)
Odiel	Ría de Huelva	Huelva	Rural		421.0	549.0		4.6	25	90	952			(Luque i col·ls., 2003)
Guadiamar	Donyana	Huelva	Parc Natural		135.0	319.0		7.2	29	73	107			(Luque i col·ls., 2003)
Ebre	Quintanilla	Aragó	Rural					0.23			5.27		0.11	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Miranda	Aragó	Rural					1.25			8.46		0.51	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Baños	Aragó	Rural					1.02			9.25		0.2	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Mendavia	Aragó	Rural					0.82			37.41		0.17	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Tudela	Aragó	Rural					0.46			5.15		0.12	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Gallur	Aragó	Rural					0.44			6.33		0.15	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Saragossa	Aragó	Urbana/industrial					0.46			11.28		0.14	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Pina	Aragó	Rural					0.40			2.23		0.05	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Escatron	Aragó	Rural					0.30			12.88		0.07	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Mesquinesa	Aragó	Rural					0.40			3.00		0.10	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Flix	Catalunya	Industrial					0.76			5.19		0.40	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Miravet	Catalunya	Rural					0.89			6.55		0.90	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Amposta	Catalunya	Urbana/industrial					0.74			4.05		1.46	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Tortosa	Catalunya	Urbana/industrial					0.47			4.07		0.18	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	García	Catalunya	Rural					0.59			7.54		0.66	(Ramos i col·ls., 1999)
Siurana	Emb.Siurana	Catalunya	Rural					0.40			12.40		0.09	(Ramos i col·ls., 1999)
Segre	Lleida	Catalunya	Urbana/industrial					0.28			12.30		0.08	(Ramos i col·ls., 1999)

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A5.6 (Continuació) – Concentració de metalls en sediments fluvials, expressats en mg/kg.

Nom	Zona	País		Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Tl	V	Zn	Referència
Odiel	Marismas del Odiel	Huelva			1250		20	946						(Luque i col·ls., 2003)
Tinto	Ría de Huelva	Huelva	Industrial				24	827	38				1182	(Luque i col·ls., 2003)
Odiel	Ría de Huelva	Huelva	Rural				34	612	25				1269	(Luque i col·ls., 2003)
Guadiamar	Donyana	Huelva	Parc Natural				45	330	17				2609	(Luque i col·ls., 2003)
Ebre	Quintanilla	Aragó	Rural	0.11				5.43					30.81	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Miranda	Aragó	Rural	0.51				12.6					198.5	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Baños	Aragó	Rural	0.2				8.3					87.99	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Mendavia	Aragó	Rural	0.17				15.3					151.9	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Tudela	Aragó	Rural	0.12				7.73					32.03	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Gallur	Aragó	Rural	0.15				6.09					46.46	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Saragossa	Aragó	Urbana/industrial	0.14				12.00					41.61	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Pina	Aragó	Rural	0.05				2.82					20.65	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Escatron	Aragó	Rural	0.07				12.70					54.81	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Mesquinesa	Aragó	Rural	0.10				5.23					31.37	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Flix	Catalunya	Industrial	0.40				10.20					26.42	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Miravet	Catalunya	Rural	0.90				40.00					140.0	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Amposta	Catalunya	Urbana/industrial	1.46				14.50					61.52	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	Tortosa	Catalunya	Urbana/industrial	0.18				7.75					34.09	(Ramos i col·ls., 1999)
Ebre	García	Catalunya	Rural	0.66				58.40					169.4	(Ramos i col·ls., 1999)
Siurana	Emb.Siurana	Catalunya	Rural	0.09				69.70					196.7	(Ramos i col·ls., 1999)
Segre	Lleida	Catalunya	Urbana/industrial	0.08				4.40					78.90	(Ramos i col·ls., 1999)



Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A5.7 – Concentració de metalls en sediments fluvials en rius europeus i sud-americans, expressats en mg/kg.

Nom	Zona	País		Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Referència
Salado	Nord	Nord Argentina	Mines Pirita					0.60		37.30	35.70			(Gallo i col·ls., 2006)
Kocaba	Est	República Txeca	Mines de Cu	4241.3	1.16			3.08				17818.75		(Kominkova i Benesova, 2004)
Sado	Estuari	Portugal			20.00			1.00		50.00	35.00		0.50	(Caeiro i col·ls., 2005)
Almendares		Cuba	Urbana					2.40	12.30	110.10	420.80			(Olivares-Rieumont i col·ls., 2005)
Feitoria		Brasil	rural	80.00						186.0	90.80	93.00		(Rodrigues i Formoso, 2005)
Feitoria		Brasil	urbana	83.40						888.0	93.60	83.50		(Rodrigues i Formoso, 2005)

Nom	Zona	País		Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Tl	V	Zn	Referència
Salado	Nord	Nord Argentina	Mines Pirita	5078.8			52.94					206.6	(Gallo i col·ls., 2006)
Kocaba	Est	República Txeca	Mines de Cu				50.00					100.0	(Kominkova i Benesova, 2004)
Sado	Estuari	Portugal					189.0					405.8	(Caeiro i col·ls., 2005)
Almendares		Cuba	Urbana	1.99		74.60						143.0	(Olivares-Rieumont i col·ls., 2005)
Feitoria		Brasil	rural	1.49		67.20						138.0	(Rodrigues i Formoso, 2005)
Feitoria		Brasil	urbana	1.14		30.70						149.0	(Rodrigues i Formoso, 2005)

Taula A5.8- Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en sediments superficials al tram 1 fluvial del riu Ebre, expressades en mg/kg.

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Tram 1	Març 2005	Març 2006	P
Al	3956.7 \pm 131.50	12155.3 \pm 2768.1	
As	4.3 \pm 0.31	8.03 \pm 2.72	< 0.05
Ba	34.4 \pm 21.91	199.5 \pm 208.4	
Be	0.31 \pm 0.05	0.81 \pm 0.09	
Cd	0.11 \pm 0.02	0.39 \pm 0.27	
Co	3.32 \pm 0.35	2.30 \pm 3.98	< 0.05
Cr	7.97 \pm 0.91	0.80 \pm 0.35	
Cu	54.87 \pm 64.74	15.88 \pm 3.86	
Fe	8045.7 \pm 230.97	15294.8 \pm 3998.8	
Hg	0.12 \pm 0.04	2.42 \pm 2.15	< 0.05
Mn	171.6 \pm 18.87	376.0 \pm 174.7	
Mo	0.42 \pm 0.13	0.75 \pm 0.09	
Ni	15.59 \pm 3.82	8.25 \pm 14.20	< 0.05
Pb	13.86 \pm 3.81	26.06 \pm 10.34	
Sb	0.06 \pm 0.01	ND	
Se	0.51 \pm 0.36	27.91 \pm 8.77	< 0.05
Sn	0.07 \pm 0.07	0.60 \pm 0.37	< 0.05
Tl	0.08 \pm 0.02	0.08 \pm 0.06	
V	9.44 \pm 0.95	15.31 \pm 9.68	
Zn	44.16 \pm 13.10	52.63 \pm 20.31	

Taula A5.9- Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en sediments superficials al tram 2 fluvial del riu Ebre, expressades en mg/kg.

Tram 2	Març 2005	Març 2006	P
Al	7472.2 \pm 1767.7	12155.3 \pm 2768.1	< 0.05
As	8.13 \pm 1.94	8.03 \pm 2.72	-
Ba	87.90 \pm 16.00	199.5 \pm 208.4	-
Be	0.58 \pm 0.08	0.81 \pm 0.09	-
Cd	0.36 \pm 0.13	0.39 \pm 0.27	-
Co	7.57 \pm 2.89	2.30 \pm 3.98	-
Cr	14.74 \pm 4.21	0.80 \pm 0.35	< 0.05
Cu	17.26 \pm 8.04	15.88 \pm 3.86	-
Fe	13016.9 \pm 3315.6	15294.8 \pm 3998.8	-
Hg	3.10 \pm 1.62	2.42 \pm 2.15	-
Mn	1362.0 \pm 1073.9	376.0 \pm 174.7	-
Mo	0.58 \pm 0.13	0.75 \pm 0.09	-
Ni	26.26 \pm 3.33	8.25 \pm 14.20	-
Pb	46.49 \pm 53.87	26.06 \pm 10.34	-
Sb	0.06 \pm 0.03	0.05 \pm 0.00	-
Se	0.42 \pm 0.30	27.91 \pm 8.77	< 0.05
Sn	0.07 \pm 0.04	0.60 \pm 0.37	< 0.05
Tl	0.10 \pm 0.05	0.08 \pm 0.06	-
V	15.56 \pm 2.72	15.31 \pm 9.68	-
Zn	70.96 \pm 30.16	52.63 \pm 20.31	-

Taula A5.10- Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en sediments superficials al Tram 3 del riu Ebre, expressades en mg/kg.

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Tram 3	Març 2005		Març 2006		P
Al	5508.0	\pm 2750.8	10262.1	\pm 1489.2	-
As	5.30	\pm 3.09	6.37	\pm 0.44	-
Ba	90.23	\pm 87.66	101.5	\pm 17.74	< 0.05
Be	0.35	\pm 0.18	0.58	\pm 0.05	-
Cd	0.35	\pm 0.31	0.31	\pm 0.02	-
Co	4.73	\pm 3.35	5.16	\pm 0.76	-
Cr	11.14	\pm 5.79	0.75	\pm 0.13	< 0.05
Cu	10.53	\pm 10.39	14.64	\pm 0.48	-
Fe	10869.4	\pm 5460.8	14270.2	\pm 1528.0	-
Hg	0.66	\pm 0.61	0.97	\pm 0.36	< 0.05
Mn	305.2	\pm 191.2	730.5	\pm 474.04	-
Mo	0.21	\pm 0.06	0.43	\pm 0.07	< 0.05
Ni	19.20	\pm 3.74	20.58	\pm 2.84	-
Pb	80.65	\pm 97.82	27.66	\pm 12.43	-
Sb	0.03	\pm 0.01	0.05	\pm 0.00	-
Se	0.59	\pm 0.36	23.08	\pm 1.83	< 0.05
Sn	ND		0.43	\pm 0.16	-
Tl	0.06	\pm 0.08	0.09	\pm 0.01	-
V	11.95	\pm 5.66	19.24	\pm 1.17	-
Zn	88.46	\pm 76.36	59.55	\pm 4.66	-

Taula A5.11- Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en sediments superficials al Tram 4 del riu Ebre, expressades en mg/kg.

Tram 4	Març 2005		Març 2006		P
Al	4595.2	\pm 1371.7	5688.5	\pm 3341.8	-
As	9.55	\pm 4.21	4.02	\pm 1.49	-
Ba	14.39	\pm 5.68	52.86	\pm 46.42	-
Be	0.33	\pm 0.10	0.34	\pm 0.20	-
Cd	0.15	\pm 0.05	0.21	\pm 0.20	-
Co	4.34	\pm 1.19	3.40	\pm 1.37	-
Cr	10.45	\pm 4.03	1.38	\pm 1.83	-
Cu	5.78	\pm 2.72	9.28	\pm 8.61	-
Fe	11466.9	\pm 2752.5	9040.4	\pm 3954.2	-
Hg	0.09	\pm 0.04	0.63	\pm 0.67	-
Mn	298.9	\pm 120.4	271.3	\pm 133.1	-
Mo	0.68	\pm 0.39	0.24	\pm 0.09	-
Ni	17.78	\pm 2.95	15.57	\pm 5.13	-
Pb	12.72	\pm 5.15	14.67	\pm 11.73	-
Sb	0.04	\pm 0.02	0.04	\pm 0.01	-
Se	0.50	\pm 0.34	14.29	\pm 10.68	-
Sn	0.08	\pm 0.05	0.11	\pm 0.11	-
Tl	0.11	\pm 0.05	0.06	\pm 0.04	-
V	16.24	\pm 3.29	12.38	\pm 7.87	-
Zn	37.92	\pm 5.75	37.03	\pm 16.26	-



Núria Ferré Huguet **Taula A5.12- Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en sediments superficials al Tram 6 del riu Ebre, expressades en mg/kg.**
ISBN: 978-84-691-0371-5 / DL: T. 2185-2007

Tram 6	Març 2005	Març 2006	P
Al	4595.2 \pm 1371.7	6028.5 \pm 2972.1	-
As	9.55 \pm 4.21	6.06 \pm 1.59	-
Ba	14.39 \pm 5.68	30.09 \pm 30.64	-
Be	0.33 \pm 0.10	0.36 \pm 0.18	-
Cd	0.15 \pm 0.05	0.13 \pm 0.10	-
Co	4.34 \pm 1.19	3.00 \pm 1.75	-
Cr	10.45 \pm 4.03	1.56 \pm 2.45	< 0.01
Cu	5.78 \pm 2.72	7.15 \pm 6.04	-
Fe	11466.9 \pm 2752.5	10590.5 \pm 4516.7	-
Hg	0.09 \pm 0.04	0.10 \pm 0.17	-
Mn	298.9 \pm 120.4	260.9 \pm 103.6	-
Mo	0.68 \pm 0.39	0.65 \pm 0.79	-
Ni	17.78 \pm 2.95	14.06 \pm 6.96	-
Pb	12.72 \pm 5.15	10.83 \pm 8.65	-
Sb	0.04 \pm 0.02	0.05 \pm 0.01	< 0.01
Se	0.50 \pm 0.34	11.78 \pm 8.33	< 0.01
Sn	0.08 \pm 0.05	0.13 \pm 0.14	-
Tl	0.11 \pm 0.05	0.11 \pm 0.05	-
V	16.24 \pm 3.29	14.33 \pm 4.00	-
Zn	37.92 \pm 5.75	29.23 \pm 15.50	-

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A5.13- Concentracions de metalls en els sediments superficials fluvials del Tram 5. Mitjana \pm DE expressades en mg/kg pels rius Siurana Montsant i Cortiella.

	Gener 2006		Abril 2006		Octubre 2006		Gener 2007		Abril 2007	
Al	4922.1	\pm 2330.2	11254.5	\pm 5000.7	8012.2	\pm 6038.3	7079.5	\pm 4985.1	10702.2	\pm 1712.3
As	9.33	\pm 4.05	10.25	\pm 4.88	9.72	\pm 4.46	9.43	\pm 4.57	9.94	\pm 1.20
Ba	138.1	\pm 56.94	105.0	\pm 30.41	143.1	\pm 73.29	136.2	\pm 80.44	71.40	\pm 33.83
Be	0.51	\pm 0.22	0.62	\pm 0.29	0.54	\pm 0.37	0.51	\pm 0.29	0.63	\pm 0.08
Cd	0.33	\pm 0.23	0.27	\pm 0.18	0.33	\pm 0.26	0.27	\pm 0.18	0.30	\pm 0.29
Co	17.02	\pm 7.54	21.80	\pm 9.85	8.09	\pm 6.00	7.19	\pm 5.12	10.16	\pm 1.43
Cr	8.92	\pm 3.69	30.37	\pm 14.35	16.31	\pm 12.15	14.39	\pm 9.98	20.97	\pm 3.47
Cu	28.02	\pm 13.78	9.79	\pm 4.17	24.11	\pm 15.94	20.92	\pm 13.07	25.65	\pm 6.93
Fe	20.84	\pm 9.16	24848.5	\pm 11464.6	19107.9	\pm 13594.8	16520.6	\pm 11211.5	26429.7	\pm 3322.0
Hg	0.06	\pm 0.02	0.06	\pm 0.02	0.05	\pm 0.00	0.05	\pm 0.00	0.05	\pm 0.00
Mn	312.0	\pm 205.1	437.3	\pm 109.31	833.9	\pm 1250.6	660.6	\pm 739.5	530.6	\pm 231.1
Mo	0.53	\pm 0.26	0.34	\pm 0.10	0.30	\pm 0.19	0.28	\pm 0.09	0.35	\pm 0.05
Ni	20.76	\pm 9.06	28.99	\pm 8.16	18.87	\pm 12.91	17.12	\pm 10.67	25.15	\pm 2.42
Pb	189.3	\pm 417.8	86.11	\pm 104.5	198.7	\pm 320.8	197.3	\pm 322.5	34.94	\pm 26.08
Sb	ND		0.05	\pm 0.01	ND		ND		ND	
Se	0.49	\pm 0.25	0.49	\pm 0.35	0.51	\pm 0.27	0.32	\pm 0.16	0.38	\pm 0.21
Sn	0.48	\pm 0.25	0.07	\pm 0.05	0.06	\pm 0.05	0.05	\pm 0.05	0.04	\pm 0.04
Tl	0.08	\pm 0.06	0.09	\pm 0.05	0.08	\pm 0.06	0.07	\pm 0.04	0.10	\pm 0.02
V	31.54	\pm 16.39	23.20	\pm 8.79	17.69	\pm 10.82	15.48	\pm 7.93	20.57	\pm 2.06
Zn	107.0	\pm 54.49	113.9	\pm 52.95	95.87	\pm 62.78	88.38	\pm 50.97	99.52	\pm 38.97

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A5.14- Evolució temporal de les concentracions de metalls en sediments superficials en els rius Siurana Montsant i Cortiella.

	Gener 06- Abril 06	Abril 06- Octubre 06	Octubre 06- Gener 07	Gener 07- Abril 07	Gener 06- Gener 07	Abril 06 –Abril 07
Al	128.7 **	-28.8	-11.6	51.2	43.8	51.2
As	9.9	-5.2	-3.0	5.4	1.2	5.4
Ba	-24.0	36.2	-4.8	-47.6	-1.4	-47.6
Be	22.0	-12.9	-6.2	24.6	-0.3	24.6
Cd	-17.6	20.7	-16.5	8.8	-17.0	8.8
Co	28.0	-62.9	-11.2	41.4	-57.8 **	41.4
Cr	240.3 *	-46.3	-11.7	45.7	61.3	45.7 *
Cu	-65.1 *	146.3 **	-13.2	22.6	-25.3 **	22.6
Fe	119130.8 **	-23.1	-13.5	60.0	79170.8 **	60.0
Hg	2.5	-13.2	0.0	0.0	-11.0 **	0.1 **
Mn	40.1 **	90.7	-20.8	-19.7	111.7	-19.7
Mo	-37.0	-9.6	-7.4	23.5	-47.3 **	23.5
Ni	39.7	-34.9	-9.3	46.9	-17.5	46.9
Pb	-54.5	130.7	-0.7	-82.3	4.2	-82.3
Sb		-100.0	-	-	-	-
Se	0.4	4.7	-36.9	16.9	-33.7	16.9
Sn	-85.8 **	-9.8	-14.3	-21.1	-89.0 **	-21.1
Tl	7.8	-9.0	-7.8	33.3	-9.5	33.3
V	-26.4	-23.8	-12.5	32.9	-50.9	32.9
Zn	6.5	-15.8	-7.8 **	12.6	-17.4 **	12.6

* $P < 0.05$ i ** $P < 0.01$

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A5.15- Matriu de correlació de Pearson entre els metalls en els sediments superficials

	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn	TOC	pH	
Al																							
As	0.36																						
Ba	0.65	0.29																					
Be	0.94	0.43	0.67																				
Cd	0.65	0.30	0.55	0.59																			
Co	0.09	0.50	0.39	0.10	0.47																		
Cr	-0.36	0.43	-0.12	-0.24	0.18	0.63																	
Cu	0.11	-0.02	0.08	0.09	0.08	0.05	0.05																
Fe	0.86	0.72	0.61	0.82	0.70	0.42	0.05	0.11															
Hg	0.58	0.34	0.68	0.62	0.69	0.56	0.24	0.10	0.58														
Mn	0.38	0.40	0.21	0.36	0.46	0.68	0.43	0.10	0.52	0.70													
Mo	0.11	0.39	-0.10	0.18	-0.12	-0.14	0.09	0.00	0.21	0.05	0.08												
Ni	-0.12	0.32	0.28	-0.12	0.25	0.91	0.55	-0.05	0.16	0.39	0.47	-0.20											
Pb	0.18	0.20	0.35	0.17	0.64	0.47	0.44	0.12	0.38	0.25	0.23	-0.23	0.30										
Sb	0.12	0.00	0.07	0.14	0.07	0.20	0.07	0.24	0.10	0.28	0.45	0.38	0.10	0.10									
Se	0.82	-0.05	0.49	0.69	0.37	-0.27	-0.80	0.03	0.50	0.25	-0.02	-0.02	-0.36	-0.11	0.06								
Sn	0.71	0.21	0.71	0.69	0.28	-0.10	-0.52	0.07	0.52	0.42	0.01	0.13	-0.20	-0.06	0.09	0.73							
Tl	-0.04	0.31	-0.01	-0.10	0.03	0.23	0.12	-0.04	0.11	0.19	0.24	0.12	0.27	-0.20	0.03	-0.06	0.10						
V	0.49	0.56	0.42	0.42	0.56	0.46	0.11	-0.07	0.66	0.47	0.35	0.28	0.37	0.19	0.17	0.28	0.47	0.32					
Zn	0.35	0.30	0.48	0.33	0.81	0.65	0.49	0.12	0.56	0.49	0.45	-0.17	0.42	0.89	0.11	-0.03	0.02	-0.12	0.37				
TOC	0.66	0.28	0.15	0.55	0.30	-0.09	-0.23	0.09	0.57	0.22	0.26	0.33	-0.17	0.00	0.02	0.46	0.39	0.01	0.29	0.12			
pH	0.56	1.00	-0.15	0.48	0.22	0.58	0.51	0.09	0.54	0.21	0.23	0.32	0.58	-0.22	0.25	0.07	-0.09	0.00	0.22	0.50	1.00		

Verd: correlació positiva, vermell: correlació negativa, Fons groc nivell de significació inferior a 0.01, color carbassa, nivell de significació inferior a 0.05



Núria Ferré Huguet
ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

ANNEX 6- CONCENTRACIÓ DE METALLS SÒLS SUPERFICIALS



Núria Ferré Huguet
ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A6.1 – Concentració de metalls en sòls superficials (mg/kg en pes sec). Riu Ebre, març del 2005.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-EOS	HG-ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
1T1	1	Març 2005	1603.6	14.46	81.38	0.43	0.36	7.90	12.36	23.31	18894.9	0.14
1T2	1	Març 2005	4028.7	5.20	111.1	0.34	0.20	5.60	11.51	20.73	13397.1	ND
1T3	2	Març 2005	4656.6	6.93	123.0	0.44	0.13	6.28	12.88	17.53	13640.9	ND
1T4	2	Març 2005	7881.72	11.89	69.46	0.65	0.31	10.13	21.38	25.34	25788.6	ND
1T5	2	Març 2005	6777.0	10.01	96.36	0.43	0.25	6.16	11.32	18.57	15192.0	ND
1T6	3	Març 2005	8656.8	8.49	143.4	0.58	0.41	8.68	16.59	45.60	21852.1	ND
1T7	3	Març 2005	5429.7	8.74	99.45	0.52	0.38	9.43	18.40	19.10	20872.6	ND
1T8	3	Març 2005	6115.8	6.77	115.2	0.36	0.23	5.54	12.28	16.26	13973.2	ND
1T9	4	Març 2005	2810.2	3.94	119.0	0.31	0.18	3.18	6.65	10.76	6688.1	ND
1T10	4	Març 2005	10676.2	11.70	83.80	0.55	0.41	8.93	18.66	36.23	23784.6	ND
1T11	4	Març 2005	10738.6	12.73	111.8	0.55	0.22	11.15	19.07	27.13	24536.0	ND
1T22	4	Març 2005	7469.8	6.46	268.8	0.51	0.17	6.96	13.84	27.40	18973.8	ND
1T23	6	Març 2005	5575.8	5.25	95.75	0.27	0.14	4.85	10.86	12.27	13132.6	ND
1T24	6	Març 2005	10014.2	11.50	118.6	0.54	0.23	9.80	19.84	21.48	22901.5	ND
1T25	6	Març 2005	3949.0	5.66	70.27	0.35	0.15	5.36	7.66	17.53	9390.5	ND
1T26	6	Març 2005	6614.8	9.25	88.51	0.42	0.25	7.25	12.02	34.61	15298.6	ND
1T27	6	Març 2005	9096.4	10.09	111.8	0.47	0.21	9.73	17.25	21.49	20290.2	ND
1T28	6	Març 2005	7010.2	6.14	236.1	0.45	0.25	5.87	13.51	14.75	14584.7	ND
1T29	4	Març 2005	4747.6	6.22	116.3	0.27	0.20	5.41	10.55	13.10	11295.2	ND
1T30	4	Març 2005	6189.7	8.43	97.83	0.40	0.33	6.89	13.43	14.91	15090.7	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A6.1 (Continuació) – Concentració de metalls en sòls superficials (mg/kg en pes sec). Riu Ebre, març del 2005.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-EOS	ICP-MS	AAS-GF	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
1T1	1	Març 2005	195.9	3.79	17.50	50.16	ND	ND	ND	0.07	14.57	50.16
1T2	1	Març 2005	280.1	0.31	12.59	29.49	ND	ND	ND	0.07	15.10	55.65
1T3	2	Març 2005	330.2	0.26	15.68	17.45	ND	ND	ND	0.08	12.79	46.12
1T4	2	Març 2005	355.0	0.35	23.68	62.65	ND	ND	ND	0.06	16.99	121.9
1T5	2	Març 2005	344.2	0.27	16.27	107.1	ND	ND	ND	0.05	13.34	77.73
1T6	3	Març 2005	503.7	0.45	20.08	137.4	ND	ND	ND	0.04	14.18	129.5
1T7	3	Març 2005	328.9	0.89	22.63	21.77	ND	ND	ND	0.06	14.30	79.69
1T8	3	Març 2005	282.1	0.26	15.70	31.07	ND	ND	ND	0.07	18.64	67.92
1T9	4	Març 2005	259.1	0.16	10.90	92.00	ND	ND	ND	0.09	8.26	42.58
1T10	4	Març 2005	390.7	0.29	21.28	179.8	ND	ND	ND	0.07	18.83	133.6
1T11	4	Març 2005	539.3	0.43	25.89	28.24	ND	ND	ND	0.07	17.76	84.79
1T22	4	Març 2005	292.2	0.38	17.54	29.21	ND	ND	ND	0.07	15.13	71.81
1T23	6	Març 2005	250.5	0.23	12.77	15.37	ND	ND	ND	0.08	15.94	44.27
1T24	6	Març 2005	487.6	0.35	23.16	35.11	ND	ND	ND	0.08	18.64	94.36
1T25	6	Març 2005	221.9	0.21	14.22	91.32	ND	ND	ND	0.10	8.26	46.83
1T26	6	Març 2005	297.7	0.28	17.32	142.4	ND	ND	ND	0.12	12.84	77.78
1T27	6	Març 2005	469.1	0.32	20.33	23.30	ND	ND	ND	0.06	15.43	70.81
1T28	6	Març 2005	222.1	0.15	15.46	18.58	ND	ND	ND	0.07	15.42	90.29
1T29	4	Març 2005	237.0	0.21	12.76	24.20	ND	ND	0.10	0.08	16.20	50.88
1T30	4	Març 2005	388.6	0.29	14.79	141.2	ND	ND	ND	0.08	12.38	89.05

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A6.2 – Concentració de metalls en sòls superficials (mg/kg en pes sec). Riu Ebre, març del 2006.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-EOS	HG-ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
2T1	1	Març 2006	2217.5	8.00	112.8	0.26	0.27	5.38	9.35	16.31	11974.8	ND
2T2	1	Març 2006	7419.5	9.10	121.5	0.46	0.21	8.67	16.97	21.31	19010.2	ND
2T3	2	Març 2006	4811.0	7.14	86.46	0.41	0.10	7.01	10.94	20.72	12791.4	ND
2T4	2	Març 2006	6286.4	9.76	70.14	0.52	0.18	8.73	14.73	23.87	18254.8	ND
2T5	2	Març 2006	6189.8	9.54	77.81	0.39	0.17	5.89	11.45	16.68	14534.8	ND
2T6	3	Març 2006	8689.0	8.42	83.28	0.59	0.36	8.12	17.01	31.20	20528.2	ND
2T7	3	Març 2006	6004.9	8.93	92.37	0.45	0.27	8.09	15.59	16.52	17734.8	ND
2T8	3	Març 2006	3730.0	5.27	83.76	0.28	0.33	3.67	8.00	11.08	9334.5	ND
2T9	4	Març 2006	4906.6	6.61	94.49	0.36	0.44	4.69	10.81	14.29	12377.2	ND
2T10	4	Març 2006	5623.6	6.44	53.77	0.34	0.21	4.71	10.21	17.70	12322.2	ND
2T11	4	Març 2006	6946.9	7.50	156.0	0.40	0.17	6.55	12.96	17.46	14585.3	ND
2T22	4	Març 2006	7108.5	9.57	161.7	0.55	0.12	7.53	13.75	26.08	18637.1	ND
2T23	6	Març 2006	7535.5	7.84	97.84	0.45	0.16	7.60	15.05	17.18	17895.8	ND
2T24	6	Març 2006	7517.4	8.63	82.68	0.48	0.15	8.15	14.68	19.86	17729.2	ND
2T25	6	Març 2006	3909.6	6.00	77.30	0.33	0.17	4.56	7.76	14.96	9423.2	ND
2T26	6	Març 2006	8763.4	10.54	93.41	0.54	0.27	9.10	17.35	28.15	20117.1	ND
2T27	6	Març 2006	7970.2	9.00	92.03	0.49	0.18	8.51	15.47	18.95	18517.7	ND
2T28	6	Març 2006	6052.3	5.77	141.5	0.38	0.24	5.30	11.91	13.59	13749.9	ND
2T29	4	Març 2006	6124.4	7.23	91.12	0.40	0.30	6.33	12.79	16.07	15097.7	ND
2T30	4	Març 2006	5695.3	6.36	73.58	0.35	0.19	5.59	11.71	12.76	13477.7	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A6.2 (Continuació) – Concentració de metalls en sòls superficials (mg/kg en pes sec). Riu Ebre, març del 2006.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-EOS	ICP-MS	AAS-GF	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
2T1	1	Març 2006	200.5	1.80	13.02	31.87	ND	ND	ND	0.08	16.10	36.62
2T2	1	Març 2006	446.9	0.38	18.61	27.29	ND	ND	ND	0.10	16.75	72.68
2T3	2	Març 2006	282.2	0.28	15.95	16.17	ND	ND	ND	0.10	10.88	41.25
2T4	2	Març 2006	300.8	0.34	19.51	36.14	ND	ND	ND	0.09	12.79	74.08
2T5	2	Març 2006	298.5	0.21	14.71	55.17	ND	ND	ND	0.05	12.37	54.85
2T6	3	Març 2006	379.5	0.29	20.02	66.34	ND	ND	ND	0.06	15.35	125.5
2T7	3	Març 2006	286.5	0.49	18.43	25.93	ND	ND	ND	0.07	14.11	75.50
2T8	3	Març 2006	220.2	0.19	9.81	151.7	ND	ND	ND	0.05	11.47	77.87
2T9	4	Març 2006	255.1	0.16	13.02	92.31	ND	ND	ND	0.08	12.44	116.4
2T10	4	Març 2006	227.8	0.35	12.59	82.47	ND	ND	ND	0.09	12.02	64.35
2T11	4	Març 2006	333.5	0.29	15.18	23.47	ND	ND	ND	0.07	14.34	56.60
2T22	4	Març 2006	352.7	0.35	18.56	27.06	ND	ND	ND	0.09	14.58	66.41
2T23	6	Març 2006	420.7	0.32	18.43	18.47	ND	ND	ND	0.10	16.36	61.31
2T24	6	Març 2006	400.0	0.31	19.41	22.98	ND	ND	ND	0.09	14.11	65.65
2T25	6	Març 2006	214.9	0.17	11.34	216.6	ND	ND	ND	0.07	8.46	48.20
2T26	6	Març 2006	406.9	0.32	21.12	74.37	ND	ND	ND	0.11	16.31	97.29
2T27	6	Març 2006	420.0	0.29	19.18	22.73	ND	ND	ND	0.07	14.79	68.26
2T28	6	Març 2006	244.3	0.16	13.52	77.64	ND	ND	ND	0.06	12.99	80.39
2T29	4	Març 2006	320.6	0.24	15.86	40.54	ND	ND	0.06	0.08	15.69	87.80
2T30	4	Març 2006	301.5	0.30	13.52	68.41	ND	ND	ND	0.09	12.02	60.30

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A6.3- Concentració de metalls en sòls superficials (mg/kg en pes sec). Riu Ebre, maig del 2006.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-EOS	HG-ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
3T1S	1	Maig 2006	5042.7	6.72	125.1	0.44	0.14	17.68	8.49	6.17	8623.7	ND
3T2S	1	Maig 2006	2896.3	4.69	82.44	0.23	0.12	21.03	7.73	8.71	6137.5	ND
3T4S	2	Maig 2006	6808.5	5.13	104.7	0.44	0.14	20.39	11.11	24.49	9582.8	4.87
3T5S	2	Maig 2006	4443.3	5.21	66.07	0.28	0.35	17.01	10.45	23.57	8255.1	0.35
3T6S	2	Maig 2006	5961.4	73.44	110.2	4.32	3.07	19.90	123.6	114.1	11788.7	22.69
3T7S	3	Maig 2006	5045.7	5.82	105.7	0.42	0.23	21.40	9.33	17.60	7184.1	ND
3T8S	3	Maig 2006	4917.1	5.25	103.4	0.32	0.26	18.63	11.50	19.67	8603.0	0.37
3T9S	3	Maig 2006	6246.1	11.72	141.7	0.34	0.25	34.23	14.98	21.25	10820.2	0.18
3T10S	4	Maig 2006	8005.7	3.90	98.99	0.28	0.23	37.58	17.15	14.44	12827.3	ND
3T11S	4	Maig 2006	6864.3	6.28	121.2	0.46	0.32	36.94	13.70	10.79	12608.3	ND

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-EOS	ICP-MS	AAS-GF	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
3T1S	1	Maig 2006	210.7	14.10	18.55	12.54	12.35	ND	ND	0.38	11.60	38.82
3T2S	1	Maig 2006	181.0	12.64	15.15	13.37	12.35	ND	ND	0.39	9.57	55.33
3T4S	2	Maig 2006	219.7	12.79	10.99	17.02	12.35	ND	ND	0.37	13.38	44.36
3T5S	2	Maig 2006	249.6	12.65	16.69	44.54	12.35	ND	ND	0.39	13.70	98.31
3T6S	2	Maig 2006	2892.1	12.62	227.1	549.8	12.35	ND	ND	0.40	141.6	720.0
3T7S	3	Maig 2006	207.6	12.62	19.49	74.45	12.35	ND	ND	0.41	18.02	78.37
3T8S	3	Maig 2006	263.7	12.54	23.56	42.22	12.35	ND	ND	0.38	13.71	89.11
3T9S	3	Maig 2006	258.3	30.65	20.17	50.90	28.90	ND	ND	0.93	21.96	89.98
3T10S	4	Maig 2006	240.9	29.19	14.75	64.21	28.90	ND	ND	0.94	31.10	75.94
3T11S	4	Maig 2006	299.8	29.34	13.88	18.75	28.90	ND	ND	0.92	20.30	67.09

Núria Ferré Hugué
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A6.4 – Concentració de metalls en sòls superficials (mg/kg en pes sec). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, gener i abril del 2006.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-EOS	HG-ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
1T12	5	Gener 2006	3072.2	12.26	183.8	0.75	0.85	15.54	27.32	30.43	27251.0	ND
1T13	5	Gener 2006	856.5	23.17	15.65	0.30	ND	3.82	2.96	26.69	19041.4	0.29
1T14	5	Gener 2006	1282.1	16.21	14.26	0.79	0.50	13.49	27.67	32.67	32144.2	ND
1T15	5	Gener 2006	7934.3	11.89	108.4	0.70	0.14	11.10	22.06	30.03	24645.6	ND
1T16	5	Gener 2006	2971.5	12.85	91.95	0.73	0.27	11.00	24.06	29.26	26741.5	ND
1T17	5	Gener 2006	5306.4	6.39	156.0	0.42	0.48	4.40	8.63	12.39	9016.1	ND
1T18	5	Gener 2006	9015.8	9.37	225.8	0.55	0.78	8.83	17.81	55.51	18037.2	ND
1T19	5	Gener 2006	3474.4	5.07	192.8	0.38	0.18	4.28	9.50	12.92	8774.6	ND
1T20	5	Gener 2006	3262.5	3.87	156.3	0.26	0.28	3.65	8.50	14.86	7881.7	ND
1T21	5	Gener 2006	6607.6	8.87	116.0	0.58	0.21	10.08	19.70	35.94	24941.3	ND
2T12	5	Abril 2006	16338.8	16.27	78.22	0.85	0.48	13.81	28.32	32.83	36440.6	ND
2T13	5	Abril 2006	11297.2	18.13	80.11	0.63	0.14	10.69	19.11	33.10	28204.2	ND
2T15	5	Abril 2006	12193.4	11.42	125.6	0.88	0.23	12.43	22.83	56.22	35500.3	ND
2T14	5	Abril 2006	10230.4	9.15	59.92	0.52	0.08	7.57	17.75	16.36	23887.0	ND
2T16	5	Abril 2006	11721.3	12.72	125.9	0.62	0.28	9.93	21.60	24.98	26352.6	ND
2T17	5	Abril 2006	3410.7	4.59	98.82	0.37	0.26	3.50	6.80	13.44	7611.1	ND
2T18	5	Abril 2006	9817.9	12.38	127.1	0.50	0.51	8.06	17.40	55.94	21831.7	ND
2T19	5	Abril 2006	15012.4	13.06	193.7	0.71	0.39	16.63	27.61	33.37	31909.0	ND
2T20	5	Abril 2006	6107.7	4.41	532.9	0.37	0.20	4.61	11.07	10.92	10985.6	ND
2T21	5	Abril 2006	3430.3	3.70	174.7	0.15	0.26	4.32	8.86	13.70	8288.0	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A6.4 (Continuació) – Concentració de metalls en sòls superficials (mg/kg en pes sec). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, gener i abril del 2006.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-EOS	ICP-MS	AAS-GF	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
1T12	5	Gener 2006	451.5	1.92	36.23	37.87	ND	ND	ND	0.07	17.97	119.7
1T13	5	Gener 2006	28.4	7.37	6.64	85.01	ND	ND	ND	0.09	17.73	ND
1T14	5	Gener 2006	46.5	0.43	33.43	69.91	ND	ND	ND	0.13	20.67	176.7
1T15	5	Gener 2006	407.7	0.39	26.03	21.84	ND	ND	ND	0.05	19.42	75.88
1T16	5	Gener 2006	314.0	0.42	27.71	42.63	ND	ND	ND	0.12	14.91	115.8
1T17	5	Gener 2006	338.0	0.20	9.11	232.0	ND	ND	ND	ND	12.23	109.4
1T18	5	Gener 2006	704.8	0.34	18.74	297.3	ND	ND	ND	ND	14.79	207.0
1T19	5	Gener 2006	401.4	0.25	12.38	20.91	ND	ND	ND	0.14	11.90	37.12
1T20	5	Gener 2006	230.9	0.34	11.35	22.56	ND	ND	ND	0.12	22.93	44.54
1T21	5	Gener 2006	455.3	0.43	19.50	49.68	ND	ND	ND	0.05	14.08	91.81
2T12	5	Abril 2006	555.7	0.44	30.32	110.9	ND	ND	ND	0.04	26.70	182.9
2T13	5	Abril 2006	505.2	0.47	30.76	30.29	ND	ND	ND	0.10	20.46	81.06
2T15	5	Abril 2006	529.3	0.77	30.46	39.25	ND	ND	ND	0.09	19.96	110.2
2T14	5	Abril 2006	354.3	0.27	19.22	15.46	ND	ND	ND	0.09	17.08	75.51
2T16	5	Abril 2006	460.2	0.31	27.10	53.55	ND	ND	ND	0.04	22.74	121.9
2T17	5	Abril 2006	233.4	0.15	14.31	204.5	ND	ND	ND	0.09	8.33	67.21
2T18	5	Abril 2006	401.4	0.27	21.83	329.5	ND	ND	ND	0.14	19.42	144.3
2T19	5	Abril 2006	8160	0.59	32.67	38.90	ND	ND	ND	0.08	23.06	126.7
2T20	5	Abril 2006	186.4	0.16	12.52	32.31	ND	ND	ND	0.08	17.11	65.76
2T21	5	Abril 2006	259.3	0.29	12.06	22.19	ND	ND	ND	0.12	21.97	32.97

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A6.5 – Concentració de metalls en sòls superficials (mg/kg en pes sec). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, octubre del 2006 i gener del 2007.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-EOS	HG-ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
3T12	5	Octubre 2006	12813.5	15.45	164.7	0.70	0.28	14.08	27.02	27.64	29756.0	ND
3T13	5	Octubre 2006	6388.5	10.27	89.75	0.54	0.10	9.70	12.05	28.85	15649.9	ND
3T15	5	Octubre 2006	7273.8	11.65	80.28	0.45	0.13	7.21	14.66	19.29	17802.0	ND
3T14	5	Octubre 2006	11067.3	10.63	45.63	0.75	0.41	9.76	22.03	25.22	24747.0	ND
3T16	5	Octubre 2006	8201.4	11.53	110.2	0.50	0.24	8.93	16.99	18.39	19385.3	ND
3T17	5	Octubre 2006	2351.3	5.20	74.97	0.27	0.53	2.79	5.88	8.89	7216.1	ND
3T18	5	Octubre 2006	8327.8	11.06	95.47	0.51	0.83	7.47	17.89	21.67	21408.2	ND
3T19	5	Octubre 2006	2089.3	2.92	38.25	0.21	0.07	1.76	4.52	3.95	4186.8	ND
3T20	5	Octubre 2006	5030.8	4.30	242.3	0.37	0.17	3.72	10.36	12.50	8572.7	ND
3T21	5	Octubre 2006	8666.5	15.27	98.32	0.73	0.11	10.15	17.38	31.80	23332.4	ND
4T12	5	Gener 2007	11529.8	12.55	126.4	0.75	0.22	12.39	23.31	26.72	27490.9	ND
4T13	5	Gener 2007	7050.4	8.09	69.07	0.55	0.11	8.69	13.47	23.60	17343.9	ND
4T15	5	Gener 2007	4925.8	7.96	105.2	0.41	0.24	4.98	9.97	16.43	12000.1	ND
4T14	5	Gener 2007	13278.0	14.69	123.5	0.79	0.37	13.42	27.37	29.30	30367.3	ND
4T16	5	Gener 2007	8996.0	10.35	97.08	0.63	0.19	9.58	17.86	21.52	21745.0	ND
4T17	5	Gener 2007	6728.6	6.95	84.93	0.42	0.31	6.17	13.53	16.10	16627.7	ND
4T18	5	Gener 2007	9155.7	10.20	90.56	0.64	0.48	8.97	18.48	23.38	22976.5	ND
4T19	5	Gener 2007	6738.7	6.01	69.20	0.40	0.09	5.80	13.16	14.05	15503.7	ND
4T20	5	Gener 2007	4383.7	5.27	197.0	0.42	0.30	3.84	9.00	15.01	8833.7	ND
4T21	5	Gener 2007	11472.9	14.18	78.52	0.77	0.29	10.73	21.75	31.29	28241.2	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A6.5 (Continuació) – Concentració de metalls en sòls superficials (mg/kg en pes sec). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, octubre del 2006 i gener del 2007.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-EOS	HG-ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
3T12	5	Octubre 2006	12813.5	15.45	164.7	0.70	0.28	14.08	27.02	27.64	29756.0	ND
3T13	5	Octubre 2006	6388.5	10.27	89.75	0.54	0.10	9.70	12.05	28.85	15649.9	ND
3T15	5	Octubre 2006	7273.8	11.65	80.28	0.45	0.13	7.21	14.66	19.29	17802.0	ND
3T14	5	Octubre 2006	11067.3	10.63	45.63	0.75	0.41	9.76	22.03	25.22	24747.0	ND
3T16	5	Octubre 2006	8201.4	11.53	110.2	0.50	0.24	8.93	16.99	18.39	19385.3	ND
3T17	5	Octubre 2006	2351.3	5.20	74.97	0.27	0.53	2.79	5.88	8.89	7216.1	ND
3T18	5	Octubre 2006	8327.8	11.06	95.47	0.51	0.83	7.47	17.89	21.67	21408.2	ND
3T19	5	Octubre 2006	2089.3	2.92	38.25	0.21	0.07	1.76	4.52	3.95	4186.8	ND
3T20	5	Octubre 2006	5030.8	4.30	242.3	0.37	0.17	3.72	10.36	12.50	8572.7	ND
3T21	5	Octubre 2006	8666.5	15.27	98.32	0.73	0.11	10.15	17.38	31.80	23332.4	ND
4T12	5	Gener 2007	11529.8	12.55	126.4	0.75	0.22	12.39	23.31	26.72	27490.9	ND
4T13	5	Gener 2007	7050.4	8.09	69.07	0.55	0.11	8.69	13.47	23.60	17343.9	ND
4T15	5	Gener 2007	4925.8	7.96	105.2	0.41	0.24	4.98	9.97	16.43	12000.1	ND
4T14	5	Gener 2007	13278.0	14.69	123.5	0.79	0.37	13.42	27.37	29.30	30367.3	ND
4T16	5	Gener 2007	8996.0	10.35	97.08	0.63	0.19	9.58	17.86	21.52	21745.0	ND
4T17	5	Gener 2007	6728.6	6.95	84.93	0.42	0.31	6.17	13.53	16.10	16627.7	ND
4T18	5	Gener 2007	9154.7	10.20	90.56	0.64	0.48	8.97	18.48	23.38	22976.5	ND
4T19	5	Gener 2007	6738.7	6.01	69.20	0.40	0.09	5.80	13.16	14.05	15503.7	ND
4T20	5	Gener 2007	4383.7	5.27	197.0	0.42	0.30	3.84	9.00	15.01	8833.7	ND
4T21	5	Gener 2007	11472.9	14.18	78.52	0.77	0.29	10.73	21.75	31.29	28241.2	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A6.6 – Concentració de metalls en sòls superficials (mg/kg en pes sec). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, abril del 2007.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-EOS	HG-ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
5T12	5	Abril 2007	16526.8	19.93	212.4	0.90	0.36	18.16	34.87	35.66	38373.3	ND
5T13	5	Abril 2007	10508.4	9.91	90.67	0.81	0.17	10.99	20.12	26.43	25858.4	ND
5T15	5	Abril 2007	11640.5	9.32	102.9	0.60	0.12	10.06	22.29	24.68	27396.0	ND
5T14	5	Abril 2007	3962.9	6.52	161.6	0.49	0.44	4.17	8.11	18.34	9563.0	ND
5T16	5	Abril 2007	14935.5	13.84	62.70	0.84	0.50	11.89	27.36	32.47	34737.3	ND

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS
5T12	5	Abril 2007	947.0	0.71	38.27	41.87	ND	ND	ND	0.19	29.58	141.1
5T13	5	Abril 2007	691.3	0.48	29.19	21.23	ND	ND	ND	0.13	19.95	82.6
5T15	5	Abril 2007	476.3	0.28	25.14	21.38	ND	ND	ND	0.09	21.94	84.95
5T14	5	Abril 2007	274.3	0.21	9.19	909.6	ND	ND	ND	0.07	10.29	97.17
5T17	5	Abril 2007	495.3	0.31	31.31	73.07	ND	ND	ND	0.11	25.48	196.6

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A6.7 – Concentració de metalls en sòls superficials (mg/kg en pes sec).

Lloc	Tipus de Sòl	Al	As	Be	Cd	Cr	Fe	Hg	Referència
Torroelles (Barcelona)	Sòls Agrícoles					45.50			(Bech i col·ls., 2005)
Sant Climent (Barcelona)	Sòls Agrícoles					33.30			(Bech i col·ls., 2005)
Tarragona	Sòls Agrícoles				0.26	25.26			(Bech i col·ls., 1995)
La Rioja	Vinya				0.33				(Fernandez i col·ls., 2000)
La Rioja	Camps de Fruïters				0.70				(Rodríguez i col·ls., 2000)
Requena (Valencia)	Sòls Agrícoles				0.05	46.00			(Boluda i col·ls., 1989)
Isla de la Palma (Canàries)	Sòls Volcànics					6.60	9347.0		(Rodríguez i col·ls., 2000)
China	Sòls Agrícoles					8.45			(Chen i col·ls., 1991)
Polònia	Sòls Agrícoles					16.75			(Dawson i Macklin, 1998)
USA	Sòls Agrícoles					3.90			(Ma i col·ls., 1997)
Bèlgica	Sòls Agrícoles		10.50		0.33	25.70		0.30	(Tack i col·ls., 1997)
Aragón	Sòls Agrícoles	19.97	11.80		0.75	21.00			(Nadal i col·ls., 2004)
Almeria	Sòls Urbans (jardins)				1.20				(Gil i col·ls., 2004)
Avilés	Sòls Urbans				22.30			2.56	(Ordóñez i col·ls., 2005)
Alcalá de Henares (Madrid)	Sòls Urbans Universitat	11.66	9.20	0.79	0.07	12.96			(Granero i Domingo, 2002)
Alcalá de Henares (Madrid)	Sòls Urbans	3810.2	3.40	0.35	0.07	6.20			(Granero i Domingo, 2002)
Madrid	Sòls Urbans		7.30		0.19	20.00		0.24	(De Miguel i col·ls., 2007)
Tarragona	MSWI		4.54	0.48	0.14	11.42			(Mari i col·ls., en premsa)
Newcastle	MSWI		20.00		0.65	55.00		0.50	(Rimmer i col·ls., 2006)
Italia	MSWI		6.30		1.35	71.03		0.13	(Capuano i col·ls., 2005)
Italia	MSWI				0.20	65.00		0.08	(Morselli i col·ls., 2003)
Jordania	Cementera				5.00	22.18			(Al-Khashman i Shawabkeh, 2006)
Montcada (Barcelona)	Industrial		9.71		0.40	17.66		0.11	(Meneses i col·ls., 1999)
Constantí (Tarragona)	HWI, rurales		7.74	0.68	0.22	20.27			(Ferré-Huguet i col·ls., <i>In press</i>)
Azncollàr	Cinco años despúes		1884.0		4.20		21.1		(Kraus i Wiegand, 2006)
Azncollàr	Días despúes del Vertido		2878.0	0.75	25.10	51.70			(Cabrera i col·ls., 1999)
Azncollàr	Suelos no contaminados		18.90	1.91	0.33	68.60			(Cabrera i col·ls., 1999)

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A6.7 –(Continuació) Concentració de metalls en sòls superficials (mg/kg en pes sec).

Lloc	Tipus de Sòl	Mn	Ni	Pb	V	Zn	Referència
Torroelles (Barcelona)	Sòls Agrícoles		36.10	59.60	41.00		(Bech i col·ls., 2005)
Sant Climent (Barcelona)	Sòls Agrícoles		26.90	34.80	35.00		(Bech i col·ls., 2005)
Tarragona	Sòls Agrícoles	251.3	15.13	24.60	56.85		(Bech i col·ls., 1995)
La Rioja	Vinya	262.8	28.82	21.46		47.61	(Fernandez i col·ls., 2000)
La Rioja	Camps de Fruïters		23.00	30.00		12.00	(Rodríguez i col·ls., 2000)
Requena (Valencia)	Sòls Agrícoles		20.00	6.70		10.10	(Boluda i col·ls., 1989)
Isla de la Palma (Canarias)	Sòls Volcànics	772.0	6.70	5.30		11.20	(Rodríguez i col·ls., 2000)
China	Sòls Agrícoles		18.00	22.00			(Chen i col·ls., 1991)
Polònia	Sòls Agrícoles		9.08	5.38			(Dawson i Macklin, 1998)
USA	Sòls Agrícoles		7.41	18.84	18.39		(Ma i col·ls., 1997)
Bèlgica	Sòls Agrícoles		6.50	4.10			(Tack i col·ls., 1997)
Aragón	Sòls Agrícoles		4.10	24.40			(Nadal i col·ls., 2004)
Almeria	Sòls Urbans (jardins)	320.7	19.30	8.30			(Gil i col·ls., 2004)
Avilés	Sòls Urbans		38.60	69.90			(Ordóñez i col·ls., 2005)
Alcalá de Henares (Madrid)	Sòls Urbans Universitat			149.0		4.89	(Granero i Domingo, 2002)
Alcalá de Henares (Madrid)	Sòls Urbans	480.0	23.50	39.60		107.0	(Granero i Domingo, 2002)
Madrid	Sòls Urbans	192.5	10.73	14.40	15.10	33.41	(De Miguel i col·ls., 2007)
Tarragona		94.20	4.29	24.35	6.01	31.17	(Mari i col·ls., en premsa)
Newcastle (Anglaterra)	Incineradora de residus	285.0	6.90	38.00	13.00		(Rimmer i col·ls., 2006)
Itàlia	Municipals urbans	187.9	8.63	20.32	13.40		(Capuano i col·ls., 2005)
Itàlia			30.00	350.0			(Morselli i col·ls., 2003)
Jordania	Cementera	1020.0	65.00				(Al-Khashman i Shawabkeh, 2006)
Montcada (Barcelona)	Industrial	1039.0	20.10	28.10		203.0	(Meneses i col·ls., 1999)
Constantí (Tarragona)	Zona Rural			55.00			(Ferré-Huguet i col·ls., <i>In press</i>)
Aznalcóllar (Huelva)	Cinc anys després	422.9		54.17	24.42		(Ferré-Huguet i col·ls., <i>In press</i>)
Aznalcóllar (Huelva)	Dies després de l'abocament	238.2	14.01	41.02	24.75		(Kraus i Wiegand, 2006)
Aznalcóllar (Huelva)	Sòls no contaminats	326.6	17.34	36.39	27.40		(Cabrera i col·ls., 1999)



Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2199-2007

Taula A6.8. Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en sòls superficials al Tram 1 del riu Ebre, expressades en mg/kg.

Tram 1	Març 2005	Març 2006	Maig 2006
Al	2816.1 \pm 1714.8	4818.5 \pm 3678.3	3969.5 \pm 1517.8
As	9.83 \pm 6.55	8.55 \pm 0.78	5.71 \pm 1.44
Ba	96.25 \pm 21.03	117.2 \pm 6.16	103.8 \pm 30.17
Be	0.39 \pm 0.06	0.36 \pm 0.14	0.34 \pm 0.15
Cd	0.28 \pm 0.11	0.24 \pm 0.04	0.13 \pm 0.01
Co	6.75 \pm 1.62	7.03 \pm 2.33	19.36 \pm 2.37
Cr	11.94 \pm 0.60	13.16 \pm 5.39	8.11 \pm 0.54
Cu	22.02 \pm 1.82	18.81 \pm 3.54	7.44 \pm 1.80
Fe	16146.0 \pm 3887.5	15492.5 \pm 4974.8	7380.6 \pm 1758.02
Hg	0.09 \pm 0.07	0.06 \pm 0.03	0.04 \pm 0.01
Mn	238.0 \pm 59.55	323.7 \pm 174.2	195.9 \pm 20.99
Mo	2.05 \pm 2.46	1.09 \pm 1.00	13.37 \pm 1.03
Ni	15.05 \pm 3.47	15.81 \pm 3.95	16.85 \pm 2.40
Pb	39.82 \pm 14.61	29.58 \pm 3.24	12.96 \pm 0.59
Sb	ND	ND	ND
Se	ND	ND	ND
Sn	ND	ND	ND
Tl	ND	0.09 \pm 0.01	0.39 \pm 0.01
V	14.84 \pm 0.38	16.42 \pm 0.46	10.59 \pm 1.44
Zn	52.91 \pm 3.88	54.65 \pm 25.50	47.08 \pm 11.67

Taula A6.9. Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en sòls superficials al Tram 2 del riu Ebre, expressades en mg/kg.

Tram 2	Març 2005	Març 2006	Maig 2006
Al	6438.4 \pm 1639.0	5548.7 \pm 1043.3	5737.7 \pm 1198.4
As	9.61 \pm 2.50	8.45 \pm 1.85	27.93 \pm 39.42
Ba	96.25 \pm 26.74	78.30 \pm 11.54	93.63 \pm 24.02
Be	0.51 \pm 0.12	0.47 \pm 0.08	1.68 \pm 2.29
Cd	0.23 \pm 0.09	0.14 \pm 0.05	1.19 \pm 1.63
Co	7.52 \pm 2.26	7.87 \pm 1.22	19.10 \pm 1.83
Cr	15.20 \pm 5.41	12.84 \pm 2.68	48.39 \pm 65.14
Cu	20.48 \pm 4.24	22.30 \pm 2.23	54.04 \pm 51.98
Fe	18207.2 \pm 6611.4	15523.1 \pm 3863.2	9875.5 \pm 1784.9
Hg	0.04 \pm 0.00	0.04 \pm 0.00	9.30 \pm 11.81
Mn	343.1 \pm 12.41	291.5 \pm 13.19	1120.5 \pm 1534.4
Mo	0.30 \pm 0.05	0.31 \pm 0.04	12.69 \pm 0.09
Ni	18.54 \pm 4.46	17.73 \pm 2.52	84.94 \pm 123.2
Pb	62.38 \pm 44.80	26.16 \pm 14.12	203.8 \pm 300.0
Sb	ND	ND	ND
Se	ND	ND	ND
Sn	ND	ND	ND
Tl	0.06 \pm 0.02	0.10 \pm 0.01	0.39 \pm 0.02
V	14.37 \pm 2.28	11.83 \pm 1.35	56.22 \pm 73.93
Zn	81.93 \pm 38.07	57.66 \pm 23.21	287.6 \pm 375.5



Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A6.10- Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en sòls superficials al Tram 3 del riu Ebre, expressades en mg/kg.

Tram 3	Març 2005	Març 2006	Maig 2006
Al	6734.1 \pm 1700.1	6961.2 \pm 1499.2	5403.0 \pm 733.1
As	8.00 \pm 1.07	8.96 \pm 0.56	7.60 \pm 3.58
Ba	119.4 \pm 22.28	84.49 \pm 7.35	116.9 \pm 21.44
Be	0.49 \pm 0.11	0.47 \pm 0.10	0.36 \pm 0.05
Cd	0.34 \pm 0.10	0.27 \pm 0.10	0.25 \pm 0.02
Co	7.89 \pm 2.06	7.37 \pm 1.28	24.76 \pm 8.32
Cr	15.76 \pm 3.14	14.68 \pm 2.89	11.94 \pm 2.85
Cu	26.99 \pm 16.18	21.46 \pm 8.43	19.51 \pm 1.83
Fe	18899.3 \pm 4294.2	17599.3 \pm 2999.0	8869.1 \pm 1832.6
Hg	0.05 \pm 0.01	0.04 \pm 0.00	0.21 \pm 0.15
Mn	371.6 \pm 116.8	321.5 \pm 50.58	243.2 \pm 30.92
Mo	0.54 \pm 0.32	0.33 \pm 0.14	18.60 \pm 10.43
Ni	19.47 \pm 3.51	17.72 \pm 2.72	21.07 \pm 2.18
Pb	63.40 \pm 64.23	49.15 \pm 20.86	55.86 \pm 16.68
Sb	0.05 \pm 0.00	ND	17.87 \pm 9.56
Se	ND	ND	ND
Sn	ND	ND	ND
Tl	0.06 \pm 0.01	0.06 \pm 0.01	0.58 \pm 0.31
V	15.71 \pm 2.54	13.95 \pm 1.50	17.90 \pm 4.13
Zn	92.35 \pm 32.67	85.29 \pm 36.33	85.82 \pm 6.47

Taula A6.11- Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en sòls superficials al Tram 4 del riu Ebre, expressades en mg/kg.

Tram 4	Març 2005	Març 2006	Maig 2006
Al	8075.0 \pm 4559.6	5663.1 \pm 1418.5	7435.0 \pm 807.1
As	9.46 \pm 4.80	7.08 \pm 1.60	5.09 \pm 1.68
Ba	104.9 \pm 18.60	110.0 \pm 47.12	110.1 \pm 15.72
Be	0.47 \pm 0.14	0.38 \pm 0.10	0.37 \pm 0.13
Cd	0.27 \pm 0.12	0.26 \pm 0.13	0.28 \pm 0.06
Co	7.75 \pm 4.12	5.43 \pm 1.57	37.26 \pm 0.45
Cr	14.79 \pm 7.05	11.15 \pm 2.29	15.43 \pm 2.44
Cu	24.71 \pm 12.91	17.32 \pm 5.59	12.62 \pm 2.58
Fe	18336.2 \pm 10094.6	13451.3 \pm 3448.0	12717.8 \pm 154.9
Hg	0.04 \pm 0.00	0.04 \pm 0.00	0.05 \pm 0.02
Mn	396.3 \pm 140.2	277.9 \pm 61.34	270.4 \pm 41.71
Mo	0.29 \pm 0.14	0.27 \pm 0.09	29.26 \pm 0.10
Ni	19.36 \pm 7.68	13.83 \pm 3.26	14.32 \pm 0.62
Pb	100.0 \pm 76.07	75.41 \pm 52.90	41.48 \pm 32.15
Sb	ND	ND	28.90 \pm 0.30
Se	ND	ND	ND
Sn	ND	ND	ND
Tl	0.08 \pm 0.01	0.08 \pm 0.02	0.93 \pm 0.02
V	14.95 \pm 5.82	12.97 \pm 1.41	25.70 \pm 7.64
Zn	86.98 \pm 45.53	76.32 \pm 23.65	71.52 \pm 6.26



Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A6.12- Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en sòls superficials al Tram 6 del riu Ebre, expressades en mg/kg.

Tram 6	Març 2005		Març 2006	
Al	6740.8	\pm 1946.5	6696.0	\pm 1548.4
As	7.67	\pm 2.22	7.67	\pm 1.66
Ba	133.8	\pm 69.40	93.68	\pm 21.05
Be	0.41	\pm 0.10	0.43	\pm 0.07
Cd	0.21	\pm 0.06	0.21	\pm 0.06
Co	6.90	\pm 1.82	6.89	\pm 1.67
Cr	13.22	\pm 3.63	13.34	\pm 2.96
Cu	19.73	\pm 7.41	17.69	\pm 4.89
Fe	15662.0	\pm 4347.6	15751.0	\pm 3482.0
Hg	0.04	\pm 0.00	0.04	\pm 0.00
Mn	318.5	\pm 104.4	341.1	\pm 82.51
Mo	0.27	\pm 0.07	0.26	\pm 0.07
Ni	16.48	\pm 3.50	16.55	\pm 3.49
Pb	57.85	\pm 52.70	67.71	\pm 64.91
Sb		ND		ND
Se		ND		ND
Sn		ND		ND
Tl	0.08	\pm 0.02	0.08	\pm 0.02
V	14.47	\pm 2.97	13.84	\pm 2.67
Zn	70.68	\pm 19.34	71.15	\pm 16.15

Taula A6.13- Evolució temporal de les concentracions de metalls en sòls superficials expressada en percentatge de variació.

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

	Tram 1		Tram 2		Tram 3		Tram 4	
	Març 05- Març 06	Març 06- Maig 06	Març 05- Març 06	Març 06- Maig 06	Març 05- Març 06	Març 06- Maig 06	Març 05- Març 06	Març 06- Maig 06
Al	71.1	-17.6	-13.8	3.4	3.4	-22.4	-29.9	31.3
As	-13.0	-33.3	-12.0	230.4	12.0	-15.3	-25.1	-28.1
Ba	21.7	-11.4	-18.7 *	19.6	-29.2	38.4	4.8	0.1*
Be	-7.6	-6.3	-8.0	261.1	-2.9	-24.0	-18.0	-3.9
Cd	-13.5	-46.1	-39.1	742.0	-21.7	-7.7	-4.3	7.1 *
Co	4.1	175.5	4.7	142.6 *	-6.6	236.0	-29.9	586.0 *
Cr	10.3	-38.4	-15.5	277.0	-6.8	-18.7	-24.7	38.4
Cu	-14.6	-60.4	8.9	142.4	-20.5	-9.1	-29.9	-27.2 *
Fe	-4.0	-52.4	-14.7	-36.4 *	-6.9	-49.6	-26.6	-5.5
Hg	-31.4	-35.0	-2.0	23154.2 *	-7.2	392.7	0.5	9.7 *
Mn	36.0	-39.5	-15.0	284.4	-13.5	-24.3	-29.9	-2.7
Mo	-47.0	1129.0	4.9	3988.9 *	-38.5	5539.3	-9.0	10868.7 *
Ni	5.1	6.5	-4.4	379.1	-9.0	18.9	-28.5	3.5 *
Pb	-25.7	-56.2	-58.1	679.1	-22.5	13.7	-24.6	-45.0
Sb	-	-	-	-	-100.0	-	-	-
Se	-	-	-	-	-	-	-	-
Sn	-	-	-	-	-	-	-	-
Tl	-	330.5	53.9	305.0 *	2.1	893.3	-3.8	1110.7 *
V	10.7	-35.6	-17.7	375.1	-11.2	28.3	-13.2	98.1
Zn	3.3	-13.9	-29.6	398.7	-7.7	0.6	-12.3	-6.3

* $P < 0.05$ i ** $P < 0.01$

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-1111-1
Taula A6.14. Concentracions de metalls en sòls superficials fluvials del Tram 5. Mitjana \pm DE expressades en mg/kg pels rius Siurana Montsant i Cortiella.

	Gener 2006	Abril 2006	Octubre 2006	Gener 2007	Abril 2007
Al	4378.3 \pm 2743.1	9956.0 \pm 4429.2	7134.1 \pm 3266.8	8425.9 \pm 2972.6	11514.8 \pm 4870.4
As	11.00 \pm 5.73	10.58 \pm 5.03	9.78 \pm 4.12	9.63 \pm 3.34	11.91 \pm 5.19
Ba	126.1 \pm 71.34	159.7 \pm 137.7	101.2 \pm 57.58	104.2 \pm 38.29	126.1 \pm 60.26
Be	0.55 \pm 0.19	0.56 \pm 0.23	0.50 \pm 0.18	0.58 \pm 0.16	0.73 \pm 0.18
Cd	0.37 \pm 0.28	0.28 \pm 0.14	0.27 \pm 0.23	0.26 \pm 0.12	0.32 \pm 0.17
Co	8.62 \pm 4.35	9.16 \pm 4.36	7.75 \pm 3.68	8.46 \pm 3.21	11.05 \pm 4.99
Cr	16.82 \pm 8.81	18.14 \pm 7.40	14.61 \pm 6.65	16.79 \pm 6.01	22.55 \pm 9.87
Cu	28.07 \pm 12.90	29.09 \pm 16.65	20.70 \pm 9.12	21.74 \pm 6.18	27.51 \pm 6.79
Fe	19847.5 \pm 8753.1	23101.0 \pm 10823.1	17041.1 \pm 7898.7	20113.0 \pm 7231.3	27185.6 \pm 11119.3
Hg	0.07 \pm 0.08	0.05 \pm 0.01	0.05 \pm 0.00	0.05 \pm 0.00	0.05 \pm 0.00
Mn	337.8 \pm 200.2	430.1 \pm 187.1	343.2 \pm 161.7	434.8 \pm 154.4	576.9 \pm 254.2
Mo	1.21 \pm 2.22	0.37 \pm 0.20	0.32 \pm 0.14	0.33 \pm 0.10	0.40 \pm 0.20
Ni	20.11 \pm 10.39	23.13 \pm 8.17	18.01 \pm 7.64	20.55 \pm 7.50	26.62 \pm 10.84
Pb	87.97 \pm 96.66	87.68 \pm 102.4	57.75 \pm 89.85	124.3 \pm 165.4	213.4 \pm 389.8
Sb	ND	ND	ND	ND	ND
Se	ND	ND	ND	ND	ND
Sn	ND	ND	0.06 \pm 0.06	0.04 \pm 0.03	0.03 \pm 0.00
Tl	0.08 \pm 0.05	0.09 \pm 0.03	0.11 \pm 0.04	0.11 \pm 0.03	0.12 \pm 0.05
V	16.66 \pm 3.67	19.68 \pm 4.92	15.33 \pm 5.04	16.96 \pm 4.46	21.45 \pm 7.23
Zn	98.11 \pm 62.42	100.9 \pm 44.50	87.51 \pm 60.10	93.01 \pm 37.05	120.5 \pm 48.61

* $P < 0.05$ i ** $P < 0.01$

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0871-6/15: T. 1189-2007

Taüa A6.15- -Evolució temporal de les concentracions de metalls en sòls superficials en els rius Siurana Montsant i Cortiella.

	Gener 06- Abril 06	Abril 06- Octubre 06	Octubre 06- Gener 07	Gener 07- Abril 07	Gener 06- Gener 07	Abril 06 –Abril 07
Al	127.4 **	-28.3	18.1	36.7	92.4 **	36.7
As	-3.7	-7.6	-1.6	23.7	-12.5	23.7
Ba	26.7	-36.6	2.9	21.0	-17.4	21.0
Be	2.7	-10.8	15.1	26.4	5.4	26.4
Cd	-23.8	-5.3	-2.9	20.9	-30.0	20.9
Co	6.2	-15.4	9.2	30.7	-1.9	30.7
Cr	7.8	-19.4	14.9	34.3	-0.2	34.3
Cu	3.6	-28.8	5.0	26.6	-22.5	26.6
Fe	16.4	-26.2	18.0	35.2	1.3	35.2
Hg	-28.5	-5.4	0.0	0.0	-32.4	0.0
Mn	27.3	-20.2	26.7	32.7	28.7	32.7
Mo	-69.4	-14.6	4.6	20.5	-72.7	20.5
Ni	15.0	-22.1	14.1	29.5	2.2	29.5
Pb	-0.3	-34.1	115.2	71.7	41.3	71.7
Sb	-	-	-	-	-	-
Se	-	-	-	-	-	-
Sn	-	-	-32.8	-34.4	-	-34.4
Tl	6.8	25.6	-2.4	14.4	30.9	14.4
V	18.1	-22.1	10.7	26.4	1.8	26.4
Zn	2.8	-13.2	6.3	29.5	-5.2	29.5

* $P < 0.05$ i ** $P < 0.01$



Núria Ferré Huguet
ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

ANNEX 7- CONCENTRACIÓ DE METALLS EN BIOTA FLUVIAL



Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A7.1 – Concentració de metalls en biota fluvial (mg/kg en pes sec). Riu Ebre, març del 2005.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
1B1	1	Març 2005	11893.9	4.29	79.40	0.34	0.08	0.53	ND	6.08	5565.4	ND
1B2	1	Març 2005	2425.5	8.65	67.83	0.78	0.17	1.02	ND	21.13	14770.5	ND
1B3	1	Març 2005	17240.1	3.73	160.9	0.28	0.22	2.06	15.40	20.02	4747.7	ND
1B4	2	Març 2005	9309.3	7.23	93.39	0.65	0.22	1.46	ND	14.76	10800.1	0.51
1B5	2	Març 2005	7951.2	6.04	90.62	0.56	0.24	1.03	ND	12.27	10249.9	1.22
1B6	2	Març 2005	6381.9	6.57	102.0	0.48	0.35	1.58	4.57	14.18	9046.4	0.87
1B7	3	Març 2005	8756.8	6.32	81.79	0.46	0.26	1.41	ND	12.04	8870.6	0.73
1B8	3	Març 2005	9506.3	7.91	75.18	0.70	0.50	1.03	ND	20.16	14877.5	1.03
1B9	4	Març 2005	4388.1	6.50	5.09	0.40	0.51	0.66	4.71	19.94	12503.4	0.41
1B10	4	Març 2005	7712.5	7.03	2.40	0.33	0.99	1.43	3.24	13.17	5555.2	0.44
1B22	6	Març 2005	6884.1	5.35	6.82	0.50	0.20	0.93	ND	10.69	9863.0	0.45
1B23	6	Març 2005	1488.0	5.52	16.00	0.43	0.23	1.50	3.30	14.72	7094.6	0.43
1B24	6	Març 2005	538.9	7.81	20.82	0.26	0.09	0.51	1.65	4.60	2945.7	ND
1B25	6	Març 2005	2149.1	5.37	12.80	0.37	0.06	0.23	1.85	3.91	981.9	ND
1B26	6	Març 2005	2717.6	3.87	71.35	0.25	0.05	0.37	1.17	6.12	3751.0	ND
1B26.2	6	Març 2005	4612.2	9.76	18.82	0.29	0.17	0.59	3.62	33.25	10687.6	ND
1B27	6	Març 2005	3597.6	5.62	40.26	0.33	0.22	0.71	2.51	9.25	7743.7	ND
1B28	6	Març 2005	6882.9	6.70	8.29	0.31	0.09	0.56	2.31	4.54	6859.0	ND
1B29	4	Març 2005	5070.4	6.07	7.84	0.45	0.16	0.63	ND	11.80	12099.3	ND
1B30	4	Març 2005	12497.3	5.30	96.00	0.30	0.13	0.71	ND	7.11	10333.3	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A7.1 (Continuació) – Concentració de metalls en biota fluvial (mg/kg pes sec). Riu Ebre, març del 2005.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF
1B1	1	Març 2005	184.9	0.31	ND	5.25	ND	8.60	ND	0.05	7.30	34.67
1B2	1	Març 2005	556.3	0.55	ND	13.29	ND	25.95	ND	ND	2.58	64.79
1B3	1	Març 2005	4959.9	0.77	50.89	7.83	ND	9.34	0.05	ND	6.40	122.9
1B4	2	Març 2005	481.1	0.56	ND	13.41	ND	20.90	0.06	0.03	6.52	54.13
1B5	2	Març 2005	524.0	0.49	ND	9.92	ND	21.36	0.15	0.05	9.27	47.38
1B6	2	Març 2005	628.7	0.71	15.99	8.61	ND	18.58	0.44	0.03	6.41	81.95
1B7	3	Març 2005	559.0	0.53	ND	12.02	ND	14.67	ND	ND	4.36	214.1
1B8	3	Març 2005	724.7	0.58	ND	33.15	ND	36.35	0.44	ND	4.34	87.04
1B9	4	Març 2005	465.1	0.61	17.20	21.11	ND	19.20	0.08	0.03	8.70	75.24
1B10	4	Març 2005	444.3	0.56	12.54	9.22	ND	12.96	ND	ND	2.31	80.77
1B22	6	Març 2005	485.9	0.38	ND	13.90	ND	21.47	ND	0.04	6.93	41.38
1B23	6	Març 2005	560.8	0.41	11.77	10.14	0.16	16.79	ND	ND	3.37	57.33
1B24	6	Març 2005	283.1	0.69	7.65	3.28	ND	3.59	0.91	0.03	6.01	16.35
1B25	6	Març 2005	744.3	0.79	2.48	1.81	0.12	1.49	0.11	0.03	8.54	15.57
1B26	6	Març 2005	176.7	0.38	5.83	3.13	ND	3.97	0.05	ND	4.53	11.07
1B26.2	6	Març 2005	1221.7	1.54	12.30	6.21	ND	11.24	ND	ND	9.50	19.13
1B27	6	Març 2005	615.9	0.65	8.88	6.45	ND	9.05	ND	0.05	16.21	21.10
1B28	6	Març 2005	190.5	0.32	10.33	5.52	ND	8.95	0.05	ND	16.34	17.34
1B29	4	Març 2005	302.4	0.59	ND	13.07	ND	16.76	ND	ND	9.85	34.77
1B30	4	Març 2005	337.5	0.29	ND	11.04	ND	11.78	0.06	0.03	15.65	66.73

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A7.2 – Concentració de metalls en biota fluvial (mg/kg pes sec). Riu Ebre, març del 2006.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
2B1	1	Març 2006	3911.5	5.56	62.22	0.28	0.07	3.76	7.54	9.39	7003.9	ND
2B2	1	Març 2006	5527.7	7.02	46.54	0.37	0.13	5.52	10.98	19.06	10186.3	ND
2B3	1	Març 2006	3019.1	6.90	179.1	0.23	0.21	24.80	6.22	21.71	5649.6	ND
2B3	2	Març 2006	1203.6	3.71	93.25	0.13	0.10	13.72	2.88	13.04	2101.0	ND
2B4	2	Març 2006	4102.7	5.67	62.18	0.36	0.29	6.55	8.58	15.24	6122.6	0.40
2B4	2	Març 2006	2632.3	4.14	61.59	0.18	0.13	2.40	6.26	5.39	4649.2	0.12
2B5	2	Març 2006	700.8	3.68	6.63	0.06	0.10	1.09	1.91	3.38	1235.3	0.10
2B6	2	Març 2006	4101.5	4.91	54.44	0.33	0.19	4.56	8.67	16.45	7304.9	0.52
2B7	3	Març 2006	4131.4	6.49	73.49	0.36	0.24	5.86	9.07	11.79	7467.5	0.52
2B7	3	Març 2006	184.5	0.93	15.65	ND	2.16	5.31	1.42	13.45	341.5	0.17
2B8	3	Març 2006	5457.2	6.77	75.07	0.50	0.40	7.23	50.34	15.31	12541.7	0.78
2B9	3	Març 2006	1554.7	5.00	17.62	0.12	0.10	1.56	20.73	5.64	2801.0	0.24
2B10	4	Març 2006	384.7	1.08	17.47	ND	1.38	3.19	6.94	10.61	688.9	0.15
2B11	4	Març 2006	7152.2	6.66	77.42	0.66	0.38	7.83	37.42	25.80	13522.0	0.62
2B22	6	Març 2006	5359.9	5.15	81.76	0.49	0.18	4.99	17.34	10.17	8804.7	0.36
2B23	6	Març 2006	2179.1	7.86	5.34	0.15	0.44	1.95	4.66	3.74	5794.2	ND
2B24	6	Març 2006	7739.6	26.46	34.95	0.72	0.20	7.47	16.20	15.20	21529.2	ND
2B25	6	Març 2006	1689.3	8.51	11.27	0.18	0.06	1.30	3.69	5.58	4074.7	ND
2B26	6	Març 2006	5592.4	16.58	143.6	0.58	0.22	6.00	11.29	12.07	13159.6	ND
2B27	6	Març 2006	639.7	4.99	19.78	0.07	0.44	3.28	2.03	4.57	1622.9	ND
2B29	4	Març 2006	1645.4	6.11	34.76	0.12	0.04	1.17	3.47	4.60	2684.4	ND
2B30	4	Març 2006	1670.8	6.27	34.09	0.10	0.04	1.31	3.49	4.68	2778.3	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A7.2 (Continuació) – Concentració de metalls en biota fluvial (mg/kg en pes sec). Riu Ebre, març del 2006.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF
2B1	1	Març 2006	257.0	0.32	13.03	0.12	7.35	0.52	ND	ND	9.50	60.12
2B2	1	Març 2006	686.2	1.19	15.58	0.15	14.81	0.78	ND	0.05	16.21	58.00
2B3	1	Març 2006	9584.0	1.92	55.87	0.39	10.60	ND	0.05	ND	16.34	186.8
2B3	2	Març 2006	5549.3	1.23	33.76	0.55	4.03	ND	ND	ND	9.85	104.4
2B4	2	Març 2006	1961.6	1.26	18.02	0.20	7.45	0.62	0.06	0.03	15.65	80.26
2B4	2	Març 2006	316.8	0.41	12.95	0.10	3.83	0.86	0.15	0.05	6.23	57.45
2B5	2	Març 2006	137.8	0.22	3.30	0.15	ND	ND	0.44	0.03	1.53	28.76
2B6	2	Març 2006	715.1	0.41	11.00	0.09	23.44	0.67	0.08	0.03	9.02	74.48
2B7	3	Març 2006	1038.3	0.46	18.81	0.11	11.34	ND	ND	ND	9.61	73.91
2B7	3	Març 2006	477.4	0.72	21.29	0.62	ND	ND	ND	ND	1.37	300.6
2B8	3	Març 2006	1130.6	0.40	18.47	0.05	33.70	ND	ND	ND	13.98	95.66
2B9	3	Març 2006	539.7	0.37	5.69	0.11	2.69	1.02	0.13	ND	6.28	29.80
2B10	4	Març 2006	627.0	0.91	14.94	0.41	0.49	1.55	0.29	0.09	2.08	183.3
2B11	4	Març 2006	1275.6	0.41	22.03	0.05	28.68	ND	ND	0.03	15.06	94.96
2B22	6	Març 2006	516.5	0.33	19.44	0.03	23.63	ND	ND	ND	12.77	60.98
2B23	6	Març 2006	180.9	0.36	6.17	0.13	3.13	ND	ND	ND	10.30	24.02
2B24	6	Març 2006	1133.5	1.13	18.61	0.03	26.48	ND	ND	ND	30.89	57.74
2B25	6	Març 2006	102.3	0.30	4.49	0.13	1.48	ND	0.05	ND	6.96	25.79
2B26	6	Març 2006	1235.9	0.47	16.10	0.05	14.68	0.86	0.15	0.05	18.07	61.42
2B27	6	Març 2006	173.5	0.22	2.50	0.08	3.45	0.52	ND	ND	2.39	29.10
2B28	6	Març 2006	413.8	0.38	6.20	0.12	3.95	ND	0.44	ND	5.73	53.64
2B29	4	Març 2006	233.6	0.24	4.54	0.12	2.02	0.60	ND	0.04	3.72	142.7
2B30	4	Març 2006	247.0	0.24	4.76	0.08	2.12	ND	ND	ND	4.01	132.5

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A7.3 – Concentració de metalls pesants en biota fluvial (mg/kg en pes sec). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, gener i abril del 2006.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
1B12	5	Gener 2006	3133.0	31.52	715.8	0.16	0.13	3.29	1.99	5.92	2981.6	ND
1B13	5	Gener 2006	310.4	25.96	98.36	0.57	0.59	11.35	17.59	17.91	12575.5	ND
1B14	5	Gener 2006	822.5	11.54	66.93	0.52	0.19	15.62	9.36	24.17	17750.2	ND
1B16	5	Gener 2006	326.3	5.17	101.53	0.40	0.84	10.15	5.25	58.24	11142.3	ND
1B17	5	Gener 2006	1281.3	5.74	47.11	0.46	0.74	8.99	4.36	29.81	7821.7	ND
1B19	5	Gener 2006	1010.3	8.51	210.9	0.31	0.23	6.66	3.93	10.23	7638.9	ND
1B20	5	Gener 2006	645.4	3.82	296.1	0.13	0.14	2.58	1.31	12.36	7175.1	ND
1B21	5	Gener 2006	3349.8	5.08	187.9	0.39	0.08	10.50	6.61	23.27	11626.4	ND
2B12	5	Abril 2006	8229.7	24.16	693.5	0.68	0.54	12.04	16.44	15.49	14473.8	ND
2B13	5	Abril 2006	2580.0	8.73	38.86	0.24	0.80	5.06	15.10	2.94	4895.4	ND
2B15	5	Abril 2006	1102.7	8.59	144.2	0.08	0.24	2.22	6.53	1.71	2301.1	ND
2B14	5	Abril 2006	4554.2	7.95	487.2	0.31	1.80	7.48	18.05	6.87	8416.9	ND
2B16	5	Abril 2006	4750.6	4.44	47.30	0.21	0.86	8.08	14.62	3.83	10360.7	ND
2B17	5	Abril 2006	7458.4	12.47	237.2	0.53	1.14	32.66	336.1	6.61	18723.5	ND
2B18	5	Abril 2006	4797.6	12.59	85.77	0.28	1.85	10.54	22.36	4.02	10687.1	ND
2B19	5	Abril 2006	4601.1	20.53	155.8	0.32	0.15	6.06	10.42	2.93	7918.8	ND
2B20	5	Abril 2006	1413.2	22.73	74.81	0.07	0.13	2.17	4.93	1.06	3070.3	ND
2B21	5	Abril 2006	2035.7	5.67	36.33	0.13	0.09	4.03	10.88	2.53	5039.1	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A7.3 (Continuació) – Concentració de metalls en biota fluvial (mg/kg en pes sec). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, gener i abril del 2006.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF
1B12	5	Gener 2006	5664.6	0.28	3.86	9.33	ND	1.22	0.25	ND	ND	35.66
1B13	5	Gener 2006	34.13	0.32	13.79	37.96	ND	0.80	0.79	0.39	ND	125.8
1B14	5	Gener 2006	177.1	0.49	18.97	24.79	ND	0.59	0.58	0.29	ND	61.20
1B16	5	Gener 2006	36.15	1.32	14.55	20.60	0.61	2.89	0.25	ND	ND	92.96
1B17	5	Gener 2006	250.0	1.02	10.10	232.9	0.29	1.76	0.64	ND	ND	72.61
1B19	5	Gener 2006	188.5	0.30	10.78	22.53	ND	1.37	0.71	ND	ND	36.84
1B20	5	Gener 2006	2120.4	0.34	5.77	8.83	ND	2.25	0.25	ND	ND	47.93
1B21	5	Gener 2006	403.1	0.32	13.92	28.44	ND	1.71	1.02	0.13	ND	49.67
2B12	5	Abril 2006	5839.6	0.35	16.19	13.59	ND	0.52	ND	ND	20.42	23.38
2B13	5	Abril 2006	243.6	0.53	6.96	24.98	0.13	0.78	ND	0.05	5.75	14.24
2B15	5	Abril 2006	541.7	0.22	4.76	90.13	0.15	ND	0.05	ND	3.15	20.83
2B14	5	Abril 2006	1300.6	0.36	10.87	33.64	ND	ND	ND	ND	8.71	14.52
2B16	5	Abril 2006	324.4	0.40	11.15	91.46	0.12	0.62	0.06	0.03	12.19	26.39
2B17	5	Abril 2006	310.6	31.92	20.67	352.0	4.91	0.86	0.15	0.05	22.47	15.10
2B18	5	Abril 2006	168.6	0.96	11.11	158.0	0.63	ND	0.44	0.03	11.67	10.42
2B19	5	Abril 2006	1429.2	0.27	7.37	23.94	ND	0.67	0.08	0.03	12.01	18.89
2B20	5	Abril 2006	562.2	0.25	2.79	13.74	ND	ND	0.44	ND	5.07	12.03
2B21	5	Abril 2006	90.25	0.34	7.21	23.16	0.14	ND	ND	ND	4.74	23.83

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A7.4 – Concentració de metalls en biota fluvial (mg/kg pes sec). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, octubre del 2006 i gener del 2007.

Codi	Tram	Data	Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg
			ICP-MS	HG-ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF	AAS-GF	ICP-MS	ICP-EOS	ICP-MS
3B12	5	Octubre 2006	6332.1	18.76	465.3	0.36	0.12	17.00	9.40	12.72	10973.2	ND
3B13	5	Octubre 2006	1108.2	2.07	44.70	0.07	ND	0.89	1.75	9.58	1717.2	ND
3B15	5	Octubre 2006	423.9	1.56	428.1	0.05	ND	1.21	ND	2.04	893.5	ND
3B15	5	Octubre 2006	2484.4	3.74	60.06	0.12	0.22	1.94	4.37	6.05	4979.9	ND
3B14	5	Octubre 2006	2482.3	9.54	1075.2	0.18	3.34	3.07	5.13	20.74	6325.2	ND
3B17	5	Octubre 2006	6331.1	8.51	209.7	0.60	0.65	6.30	13.33	76.09	11896.4	ND
3B18	5	Octubre 2006	2742.7	4.48	267.2	0.22	1.23	1.85	4.37	8.93	4232.3	ND
3B19	5	Octubre 2006	1130.4	10.98	871.0	0.10	ND	2.98	1.51	3.85	4886.8	ND
3B20	5	Octubre 2006	978.4	10.01	1294.7	0.07	0.03	2.97	1.52	3.39	1890.5	ND
3B21	5	Octubre 2006	11235.6	89.08	1615.0	1.11	0.20	23.25	12.84	42.49	41186.7	0.32
3B22	5	Octubre 2006	247.7	0.30	9.01	ND	ND	0.19	ND	1.14	447.4	ND
1B12	5	Gener 2007	3133.0	31.52	715.8	0.16	0.13	3.29	1.99	5.92	2981.6	ND
1B13	5	Gener 2007	310.4	25.96	98.36	0.57	0.59	11.35	17.59	17.91	12575.5	ND
1B14	5	Gener 2007	822.5	11.54	66.93	0.52	0.19	15.62	9.36	24.17	17750.2	ND
1B16	5	Gener 2007	326.3	5.17	101.5	0.40	0.84	10.15	5.25	58.24	11142.3	ND
1B17	5	Gener 2007	1281.3	5.74	47.11	0.46	0.74	8.99	4.36	29.81	7821.7	ND
1B19	5	Gener 2007	1010.3	8.51	210.9	0.31	0.23	6.66	3.93	10.23	7638.9	ND
1B20	5	Gener 2007	645.4	3.82	296.1	0.13	0.14	2.58	1.31	12.36	7175.1	ND
1B21	5	Gener 2007	3349.8	5.08	187.9	0.39	0.08	10.50	6.61	23.27	11626.4	ND
5B12	5	Abril 2007	3506.3	5.52	119.8	0.32	0.36	3.38	5.50	15.08	6980.2	ND
5B13	5	Abril 2007	1313.5	7.39	172.6	0.11	0.82	1.62	2.60	5.73	2680.8	ND
5B15	5	Abril 2007	2279.3	3.78	102.1	0.17	0.31	1.70	4.81	23.06	4220.0	ND
5B14	5	Abril 2007	4114.3	6.09	46.26	0.25	0.62	3.58	7.10	28.82	9602.3	ND
5B17	5	Abril 2007	1623.8	3.50	84.07	0.15	0.29	1.69	3.12	17.14	3107.6	ND

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A7.4 (Continuació) – Concentració de metalls en biota fluvial (mg/kg pes sec). Rius Siurana, Montsant i Cortiella, octubre del 2006 i gener del 2007.

Codi	Tram	Data	Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Sn	Tl	V	Zn
			ICP-EOS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	ICP-MS	AAS-GF
3B12	5	Octubre 2006	3521.0	ND	9.24	25.66	ND	1.18	ND	0.08	11.70	75.83
3B13	5	Octubre 2006	47.18	ND	1.96	2.47	ND	ND	ND	ND	2.65	8.85
3B15	5	Octubre 2006	70.82	ND	ND	1.14	ND	ND	ND	ND	0.43	4.72
3B15	5	Octubre 2006	122.2	0.09	3.33	13.87	ND	ND	ND	ND	5.25	48.49
3B14	5	Octubre 2006	354.2	0.19	4.20	15.15	0.15	1.02	0.13	ND	9.62	86.47
3B17	5	Octubre 2006	414.9	1.25	11.76	784.8	0.23	1.55	0.29	0.09	18.05	134.5
3B18	5	Octubre 2006	85.94	ND	9.78	86.20	ND	ND	ND	0.03	7.59	82.19
3B19	5	Octubre 2006	4089.1	ND	4.36	3.48	ND	0.64	ND	ND	5.51	18.27
3B20	5	Octubre 2006	2400.5	ND	3.33	2.33	ND	ND	ND	ND	3.05	13.50
3B21	5	Octubre 2006	31887.7	ND	25.60	26.85	0.29	4.79	0.39	0.08	58.43	85.03
3B22	5	Octubre 2006	12.38	ND	ND	0.48	ND	ND	ND	ND	0.26	ND
1B12	5	Gener 2006	5664.6	0.28	3.86	9.33	ND	1.22	0.25	ND	ND	35.66
1B13	5	Gener 2006	34.13	0.32	13.79	37.96	ND	0.80	0.79	0.39	ND	125.8
1B14	5	Gener 2006	177.1	0.49	18.97	24.79	ND	0.59	0.58	0.29	ND	61.20
1B16	5	Gener 2006	36.15	1.32	14.55	20.60	0.61	2.89	0.25	ND	ND	92.96
1B17	5	Gener 2006	250.0	1.02	10.10	232.9	0.29	1.76	0.64	ND	ND	72.61
1B19	5	Gener 2006	188.5	0.30	10.78	22.53	ND	1.37	0.71	ND	ND	36.84
1B20	5	Gener 2006	2120.3	0.34	5.77	8.83	ND	2.25	0.25	ND	ND	47.93
1B21	5	Gener 2006	403.1	0.32	13.92	28.44	ND	1.71	1.02	0.13	ND	49.67
5B12	5	Abril 2007	151.6	ND	9.33	5.85	ND	0.60	ND	0.04	6.93	26.35
5B13	5	Abril 2007	129.7	0.04	4.40	2.40	0.11	ND	ND	ND	3.37	24.59
5B15	5	Abril 2007	93.86	0.67	2.20	201.5	0.43	ND	0.91	0.03	6.01	76.99
5B14	5	Abril 2007	362.1	0.08	6.54	728.1	0.15	0.62	0.11	0.03	8.54	41.08
5B17	5	Abril 2007	116.9	0.03	2.49	164.1	ND	ND	0.05	ND	4.53	32.40



Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T. 2149-2007

Taula A7.5- Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en biota fluvial al Tram 1 del riu Ebre, expressades en mg/kg.

Tram 1	Març 2005	Març 2006
Al	10519.8 \pm 7502.3	4152.8 \pm 1271.6
As	5.56 \pm 2.69	6.49 \pm 0.81
Ba	102.7 \pm 50.72	95.96 \pm 72.44
Be	0.47 \pm 0.27	0.30 \pm 0.07
Cd	0.15 \pm 0.07	0.14 \pm 0.07
Co	1.20 \pm 0.78	11.36 \pm 11.68
Cr	5.13 \pm 8.89	8.25 \pm 2.46
Cu	15.75 \pm 8.39	16.72 \pm 6.48
Fe	8361.2 \pm 5565.7	7613.3 \pm 2329.0
Hg	0.06 \pm 0.03	0.02 \pm 0.01
Mn	1900.4 \pm 2656.2	3509.1 \pm 5265.5
Mo	0.54 \pm 0.23	1.14 \pm 0.80
Ni	17.00 \pm 29.35	28.16 \pm 24.03
Pb	8.79 \pm 4.10	0.22 \pm 0.15
Sb	0.06 \pm 0.03	10.92 \pm 3.74
Se	14.63 \pm 9.81	0.52 \pm 0.26
Sn	0.03 \pm 0.02	0.03 \pm 0.02
Tl	0.02 \pm 0.02	0.02 \pm 0.02
V	5.43 \pm 2.51	14.02 \pm 3.91
Zn	74.12 \pm 44.85	101.7 \pm 73.78

Taula A7.6- Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en biota fluvial al Tram 2 del riu Ebre, expressades en mg/kg.

Tram 2	Març 2005	Març 2006
Al	7880.8 \pm 1465.0	2548.2 \pm 1585.7
As	6.62 \pm 0.59	4.42 \pm 0.86
Ba	95.33 \pm 5.93	55.62 \pm 31.21
Be	0.56 \pm 0.08	0.21 \pm 0.13
Cd	0.27 \pm 0.07	0.16 \pm 0.08
Co	1.36 \pm 0.29	5.66 \pm 4.96
Cr	1.52 \pm 2.64	5.66 \pm 3.15
Cu	13.74 \pm 1.30	10.70 \pm 5.93
Fe	10032.1 \pm 896.9	4282.6 \pm 2583.6
Hg	0.87 \pm 0.35	0.23 \pm 0.22
Mn	544.6 \pm 75.92	1736.1 \pm 2247.4
Mo	0.59 \pm 0.12	0.71 \pm 0.50
Ni	5.36 \pm 9.21	15.81 \pm 11.34
Pb	10.65 \pm 2.48	0.22 \pm 0.19
Sb	ND	7.61 \pm 9.32
Se	20.28 \pm 1.49	0.53 \pm 0.27
Sn	0.22 \pm 0.20	0.15 \pm 0.17
Tl	0.03 \pm 0.01	0.03 \pm 0.01
V	7.40 \pm 1.62	8.46 \pm 5.17
Zn	61.15 \pm 18.32	69.06 \pm 28.11



Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T. 2189-2007

Taula A7.7. Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en biota fluvial al Tram 3 del riu Ebre, expressades en mg/kg.

Tram 3	Març 2005	Març 2006
Al	9131.6 \pm 530.02	2832.0 \pm 2395.9
As	7.12 \pm 1.13	4.80 \pm 2.69
Ba	78.49 \pm 4.67	45.46 \pm 33.30
Be	0.58 \pm 0.17	0.25 \pm 0.22
Cd	0.38 \pm 0.17	0.73 \pm 0.97
Co	1.22 \pm 0.27	4.99 \pm 2.42
Cr	ND	20.39 \pm 21.48
Cu	16.10 \pm 5.74	11.55 \pm 4.19
Fe	11874.1 \pm 4247.49	5787.9 \pm 5385.8
Hg	0.88 \pm 0.21	0.43 \pm 0.28
Mn	641.9 \pm 117.17	796.5 \pm 335.6
Mo	0.56 \pm 0.03	0.49 \pm 0.16
Ni	0.05 \pm 0.00	16.06 \pm 7.03
Pb	22.58 \pm 14.94	0.22 \pm 0.27
Sb	ND	11.86 \pm 15.37
Se	25.51 \pm 15.33	0.44 \pm 0.38
Sn	0.23 \pm 0.30	0.05 \pm 0.05
Tl	ND	ND
V	4.35 \pm 0.02	7.81 \pm 5.33
Zn	150.6 \pm 89.86	125.0 \pm 120.3

Taula A7.8 . Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en biota fluvial al Tram 4 del riu Ebre, expressades en mg/kg.

Tram 4	Març 2005	Març 2006
Al	6050.3 \pm 2350.8	3768.40 \pm 4785.4
As	6.77 \pm 0.37	3.87 \pm 3.94
Ba	3.74 \pm 1.90	47.45 \pm 42.39
Be	0.36 \pm 0.05	0.36 \pm 0.43
Cd	0.75 \pm 0.33	0.88 \pm 0.70
Co	1.05 \pm 0.55	5.51 \pm 3.29
Cr	3.97 \pm 1.04	22.18 \pm 21.55
Cu	16.56 \pm 4.79	18.20 \pm 10.74
Fe	9029.3 \pm 4913.1	7105.44 \pm 9074.3
Hg	0.43 \pm 0.02	0.38 \pm 0.33
Mn	454.7 \pm 14.70	951.30 \pm 458.7
Mo	0.59 \pm 0.03	0.66 \pm 0.35
Ni	14.87 \pm 3.30	18.48 \pm 5.01
Pb	15.16 \pm 8.41	0.23 \pm 0.25
Sb	ND	14.58 \pm 19.93
Se	16.08 \pm 4.41	0.90 \pm 0.92
Sn	0.05 \pm 0.04	0.16 \pm 0.19
Tl	0.02 \pm 0.01	0.06 \pm 0.04
V	5.51 \pm 4.52	8.57 \pm 9.18
Zn	78.01 \pm 3.91	139.14 \pm 62.48



Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T. 2149-2007

Taula A7.9- Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en biota fluvial al Tram 6 del riu Ebre, expressades en mg/kg.

Tram 6	Març 2005	Març 2006
Al	4643.8 \pm 3491.75	3139.8 \pm 2525.5
As	6.14 \pm 1.63	9.14 \pm 6.91
Ba	29.90 \pm 30.50	43.42 \pm 46.20
Be	0.35 \pm 0.09	0.29 \pm 0.26
Cd	0.14 \pm 0.07	0.25 \pm 0.27
Co	0.67 \pm 0.35	3.35 \pm 2.32
Cr	1.64 \pm 1.34	7.98 \pm 5.57
Cu	10.60 \pm 8.71	8.86 \pm 6.42
Fe	7235.9 \pm 3683.97	6957.3 \pm 6377.5
Hg	0.13 \pm 0.17	0.08 \pm 0.09
Mn	491.9 \pm 317.99	578.1 \pm 438.6
Mo	0.60 \pm 0.37	1.03 \pm 1.51
Ni	5.94 \pm 4.96	9.58 \pm 6.26
Pb	7.46 \pm 4.31	0.12 \pm 0.11
Sb	0.07 \pm 0.04	8.21 \pm 9.16
Se	10.51 \pm 6.48	0.44 \pm 0.23
Sn	0.13 \pm 0.28	0.10 \pm 0.15
Tl	0.02 \pm 0.01	0.02 \pm 0.01
V	9.69 \pm 4.85	10.52 \pm 8.74
Zn	30.08 \pm 19.32	64.57 \pm 41.97

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A7.10- Mitjana \pm DE de les concentracions de metalls en biota fluvial al Tram 5 als rius Siurana, Montsant i Cortiella, expressades en mg/kg.

	Gener 2006		Abril 2006		Octubre 2006		Gener 2007		Abril 2007	
Al	1359.9	\pm 1207.2	4152.3	\pm 2414.0	8012.2	\pm 6038.3	7079.5	\pm 4985.1	10702.2	\pm 1712.3
As	12.17	\pm 10.61	12.79	\pm 7.20	9.72	\pm 4.46	9.43	\pm 4.57	9.94	\pm 1.20
Ba	215.6	\pm 218.7	200.1	\pm 220.4	143.1	\pm 73.29	136.2	\pm 80.44	71.40	\pm 33.83
Be	0.37	\pm 0.16	0.29	\pm 0.19	0.54	\pm 0.37	0.51	\pm 0.29	0.63	\pm 0.08
Cd	0.37	\pm 0.30	0.76	\pm 0.66	0.33	\pm 0.26	0.27	\pm 0.18	0.30	\pm 0.29
Co	8.64	\pm 4.33	9.04	\pm 8.92	8.09	\pm 6.00	7.19	\pm 5.12	10.16	\pm 1.43
Cr	6.30	\pm 5.22	45.54	\pm 102.2	16.31	\pm 12.15	14.39	\pm 9.98	20.97	\pm 3.47
Cu	22.74	\pm 16.40	4.80	\pm 4.20	24.11	\pm 15.94	20.92	\pm 13.07	25.65	\pm 6.93
Fe	9839.0	\pm 4440.1	8588.7	\pm 5181.1	19107.9	\pm 13594.8	16520.6	\pm 11211.5	26429.7	\pm 3322.0
Hg	0.06	\pm 0.02	0.05	\pm 0.02	0.05	\pm 0.00	0.05	\pm 0.00	0.05	\pm 0.00
Mn	1109.3	\pm 1965.2	1081.1	\pm 1733.8	833.9	\pm 1250.6	660.6	\pm 739.5	530.6	\pm 231.1
Mo	0.55	\pm 0.40	3.56	\pm 9.97	0.30	\pm 0.19	0.28	\pm 0.09	0.35	\pm 0.05
Ni	11.47	\pm 4.93	9.91	\pm 5.36	18.87	\pm 12.91	17.12	\pm 10.67	25.15	\pm 2.42
Pb	48.17	\pm 75.24	82.47	\pm 105.7	198.7	\pm 320.8	197.3	\pm 322.5	34.94	\pm 26.08
Sb	0.15	\pm 0.20	0.63	\pm 1.51	ND		ND		ND	
Se	1.57	\pm 0.75	0.47	\pm 0.25	0.51	\pm 0.27	0.32	\pm 0.16	0.38	\pm 0.21
Sn	0.56	\pm 0.29	0.13	\pm 0.17	0.06	\pm 0.05	0.05	\pm 0.05	0.04	\pm 0.04
Tl	0.12	\pm 0.15	0.02	\pm 0.01	0.08	\pm 0.06	0.07	\pm 0.04	0.10	\pm 0.02
V	0.04	\pm 0.03	10.62	\pm 6.59	17.69	\pm 10.82	15.48	\pm 7.93	20.57	\pm 2.06
Zn	65.33	\pm 31.00	17.96	\pm 5.48	95.87	\pm 62.78	88.38	\pm 50.97	99.52	\pm 38.97

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A7.11 – Concentració de metalls en biota fluvial, biota de ribera i algunes espècies de peixos en altres estudis realitzats a nivell nacional i internacional (mg/kg en pes sec).

Nom	Zona	País		Al	As	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Hg	Referència
Carpa	Saragossa		Industrial					0.47			23.69		0.07	(Lavado i col-ls., 2006)
Carpa	Lleida		Industrial					0.07			24.82		0.06	(Lavado i col-ls., 2006)
Carpa	Flix		Rural/ Industrial					2.64			16.73		0.63	(Lavado i col-ls., 2006)
Carpa	Delta		Parc Natural					0.53			17.83		0.20	(Lavado i col-ls., 2006)
Barb	Saragossa		Industrial					0.35			16.17		0.17	(Lavado i col-ls., 2006)
Barb	Monzón		Industrial					0.09			14.10		9.90	(Lavado i col-ls., 2006)
Gammarus	Río Kocaba	Republica Txeca	Industrial	1666.4	55.1			7.00				20013.7		(Kominkova i Benesova, 2004)
Attached algae	Río Kocaba	República Txeca	Rural	3400.4	41.5			2.80				11345.1		(Kominkova i Benesova, 2004)
	Río Elbe	Alemanya	Urbana/industrial		102			133.00		66.00	68.00		118.0	(Overesch i col-ls., 2007)
Attached algae		India	Urbana/industrial					3.85	153.8	27.60	64.60			(Chandra Sekhar i col-ls., 2005)
Ilex aquafolium	Wroclaw	Polònia	Rural			50.00		1.17	3.30	3.12	6.48		2.56	(Samecka-Cymerman i Kempers, 1999a)
Mahonia aquafolium	Wroclaw	Polònia	Rural			6.40		1.39	1.30	0.79	1.91		1.33	(Samecka-Cymerman i Kempers, 1999b)
Rhododendron catawbiense	Wroclaw	Polònia	Urbana/industrial			12.40		0.73	1.80	0.94	3.67		2.21	(Samecka-Cymerman i Kempers, 1996)

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A7.11 – (Continuació) Concentració de metalls en biota fluvial, biota de ribera i algunes espècies de peixos en altres estudis realitzats a nivell nacional i internacional (mg/kg en pes sec).

Nom	Zona	País		Mn	Mo	Ni	Pb	Sb	Se	Tl	V	Zn	Referència
Carpa	Saragossa		Industrial									122.4	(Lavado i col-ls., 2006)
Carpa	Lleida		Industrial									109.6	(Lavado i col-ls., 2006)
Carpa	Flix		Rural/ Industrial									69.34	(Lavado i col-ls., 2006)
Carpa	Delta		Parc Natural									140.4	(Lavado i col-ls., 2006)
Barb	Saragossa		Industrial									37.48	(Lavado i col-ls., 2006)
Barb	Monzón		Industrial									38.88	(Lavado i col-ls., 2006)
Gammarus	Riu Kocába	República Txeca	Industrial	1943.0			2.90					200.5	(Kominkova i Benesova, 2004)
<i>Attached algae</i>	Riu Kocába	República Txeca	Rural	2062.8			3.90					265.3	(Kominkova i Benesova, 2004)
<i>Attached algae</i>	Riu Elbe	Alemanya	Urbana/industrial			45.00	134.0					67.00	(Overesch i col-ls., 2007)
<i>Attached algae</i>	Riu Musi	Índia	Urbana/industrial			283.5	102.2					192.0	(Chandra Sekhar i col-ls., 2005)
<i>Ilex aquafolium</i>	Wroclaw	Polònia	Rural	214.0		6.75	23.90				4.45	575.0	(Samecka-Cymerman i Kempers, 1999a)
<i>Mahonia aquafolium</i>	Wroclaw	Polònia	Rural	24.00		2.36	14.60				0.96	407.0	(Samecka-Cymerman i Kempers, 1999b)
<i>Rhododendron catawbiense</i>	Wroclaw	Polònia	Urbana/industrial	51.00		1.82	17.20				0.78	475.0	(Samecka-Cymerman i Kempers, 1996)



Núria Ferré Huguet
ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

ANNEX 8- EXPOSICIÓ PREDITA A METALLS NO CANCERÍGENS

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-3/DOI: 10.2189-2007

Taula A8.1- Exposició estimada de metalls a partir de l'aigua de consum per ingesta. Anàlisi de la Variabilitat, expressada en mg/kg-dia. No cancerigens.

	EDDw nens			EDDw adults		
	Tram Alt	Tram Baix	Priorat	Tram Alt	Tram Baix	Priorat
Al				1.10E-03	1.09E-03	2.62E-02
Mitjana	1.33E-02	1.33E-02	2.58E-02	4.63E-04	4.46E-04	1.73E-02
Mediana	5.78E-03	5.55E-03	1.75E-02	2.37E-03	2.60E-03	2.91E-02
DE	2.64E-02	3.15E-02	2.82E-02	8.61E-05	8.38E-05	5.48E-03
Percentil 10	1.16E-03	1.05E-03	5.62E-03	4.63E-04	4.46E-04	1.73E-02
Percentil 50	5.78E-03	5.55E-03	1.75E-02	2.44E-03	2.43E-03	5.54E-02
Percentil 90	3.03E-02	3.08E-02	5.42E-02	7.81E-02	9.43E-02	4.69E-01
Percentil 100	8.93E-01	1.67E+00	5.46E-01			
As				3.24E-05	1.33E-04	7.35E-04
Mitjana	3.78E-04	1.35E-04	7.35E-04	1.93E-05	9.48E-05	5.66E-04
Mediana	2.40E-04	9.65E-05	5.67E-04	4.27E-05	1.26E-04	6.16E-04
DE	4.64E-04	1.33E-04	6.17E-04	5.39E-06	3.32E-05	2.23E-04
Percentil 10	7.05E-05	3.40E-05	2.18E-04	1.93E-05	9.48E-05	5.66E-04
Percentil 50	2.40E-04	9.65E-05	5.67E-04	7.10E-05	2.69E-04	1.43E-03
Percentil 90	8.11E-04	2.77E-04	1.42E-03	1.30E-03	1.69E-03	7.12E-03
Percentil 100	9.82E-03	2.23E-03	8.61E-03			
Be						
Mitjana	4.73E-04	4.73E-04	4.73E-04	3.97E-05	3.97E-05	3.97E-05
Mediana						
DE						
Percentil 10						
Percentil 50						
Percentil 90						
Percentil 100						
Cd						
Mitjana	4.73E-05	4.73E-05	2.15E-05	3.97E-06	3.97E-06	2.16E-05
Mediana			2.05E-05			2.03E-05
DE			7.14E-06			7.39E-06
Percentil 10			1.33E-05			1.33E-05
Percentil 50			2.05E-05			2.03E-05
Percentil 90			3.07E-05			3.14E-05
Percentil 100			7.18E-05			6.60E-05
Cr						
Mitjana	9.92E-05	4.07E-05	1.16E-03	9.93E-05	4.07E-05	1.16E-03
Mediana	9.31E-05	4.16E-05	9.57E-04	9.34E-05	4.15E-05	9.66E-04
DE	3.71E-05	5.62E-06	7.64E-04	3.69E-05	5.63E-06	7.78E-04
Percentil 10	5.78E-05	3.24E-05	4.48E-04	5.83E-05	3.23E-05	4.43E-04
Percentil 50	9.31E-05	4.16E-05	9.57E-04	9.34E-05	4.15E-05	9.66E-04
Percentil 90	1.48E-04	4.74E-05	2.09E-03	1.48E-04	4.74E-05	2.07E-03
Percentil 100	4.10E-04	4.99E-05	1.35E-02	3.30E-04	5.00E-05	1.16E-02
Fe						
Mitjana	9.50E-03	1.29E-02	2.61E-02	8.31E-03	8.89E-03	1.64E-02
Mediana	8.26E-03	8.78E-03	1.65E-02	5.40E-03	1.33E-02	3.45E-02
DE	5.40E-03	1.32E-02	3.18E-02	4.19E-03	2.93E-03	4.89E-03
Percentil 10	4.15E-03	2.90E-03	5.00E-03	8.31E-03	8.89E-03	1.64E-02
Percentil 50	8.26E-03	8.78E-03	1.65E-02	1.65E-02	2.66E-02	5.66E-02
Percentil 90	1.62E-02	2.70E-02	5.62E-02	4.99E-02	2.16E-01	1.16E+00
Percentil 100	6.62E-02	2.30E-01	5.22E-01	1.10E-03	1.09E-03	2.62E-02

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: 11.2189-2/07

Taula A8.1 (Continuació)- Exposició estimada de metalls a partir de l'aigua de consum per ingesta. Anàlisi de la Variabilitat, expressada en mg/kg-dia. No cancerígens.

	EDDw nens			EDDw adults		
	Tram Alt	Tram Baix	Priorat	Tram Alt	Tram Baix	Priorat
Hg						
Mitjana	1.12E-04	1.45E-04	9.45E-05	1.13E-04	1.45E-04	7.94E-06
Mediana	9.60E-05	1.04E-04		9.64E-05	1.03E-04	
DE	6.78E-05	1.38E-04		6.86E-05	1.38E-04	
Percentil 10	4.66E-05	3.60E-05		4.75E-05	3.62E-05	
Percentil 50	9.60E-05	1.04E-04		9.64E-05	1.03E-04	
Percentil 90	1.95E-04	2.92E-04		1.98E-04	2.99E-04	
Percentil 100	7.51E-04	2.11E-03		1.05E-03	1.91E-03	
Mn						
Mitjana	1.35E-03	2.57E-04	2.72E-02	1.35E-03	2.55E-04	2.64E-02
Mediana	6.92E-04	1.40E-04	7.57E-03	6.64E-04	1.39E-04	7.37E-03
DE	2.14E-03	3.97E-04	8.52E-02	2.16E-03	3.93E-04	7.59E-02
Percentil 10	1.50E-04	3.42E-05	9.57E-04	1.48E-04	3.39E-05	9.40E-04
Percentil 50	6.92E-04	1.40E-04	7.57E-03	6.64E-04	1.39E-04	7.37E-03
Percentil 90	3.11E-03	5.74E-04	5.95E-02	3.16E-03	5.69E-04	5.78E-02
Percentil 100	5.09E-02	1.24E-02	2.86E+00	4.19E-02	9.62E-03	2.44E+00
Ni						
Mitjana	1.35E-03	2.48E-04	2.52E-03	6.76E-04	2.47E-04	2.51E-03
Mediana	6.92E-04	1.58E-04	1.78E-03	5.06E-04	1.59E-04	1.76E-03
DE	2.14E-03	2.98E-04	2.47E-03	5.96E-04	2.94E-04	2.54E-03
Percentil 10	1.50E-04	4.76E-05	6.13E-04	1.91E-04	4.76E-05	6.10E-04
Percentil 50	6.92E-04	1.58E-04	1.78E-03	5.06E-04	1.59E-04	1.76E-03
Percentil 90	3.11E-03	5.36E-04	5.24E-03	1.35E-03	5.24E-04	5.12E-03
Percentil 100	5.09E-02	5.72E-03	3.63E-02	7.89E-03	5.71E-03	3.68E-02
Pb						
Mitjana	1.96E-04	1.64E-04	5.14E-04	1.98E-04	1.63E-04	5.03E-04
Mediana	1.62E-04	1.35E-04	3.01E-04	1.62E-04	1.35E-04	2.98E-04
DE	1.33E-04	1.11E-04	7.54E-04	1.38E-04	1.13E-04	6.64E-04
Percentil 10	7.24E-05	6.19E-05	7.96E-05	7.22E-05	6.12E-05	7.89E-05
Percentil 50	1.62E-04	1.35E-04	3.01E-04	1.62E-04	1.35E-04	2.98E-04
Percentil 90	3.57E-04	3.02E-04	1.13E-03	3.62E-04	2.96E-04	1.11E-03
Percentil 100	1.67E-03	1.22E-03	2.23E-02	2.00E-03	3.06E-03	1.50E-02
V						
Mitjana	5.35E-03	1.00E-03	2.41E-03	5.36E-03	9.94E-04	2.41E-03
Mediana	4.82E-03	7.52E-04	1.92E-03	4.80E-03	7.42E-04	1.91E-03
DE	2.69E-03	8.99E-04	1.85E-03	2.71E-03	8.71E-04	1.86E-03
Percentil 10	2.57E-03	2.80E-04	8.15E-04	2.58E-03	2.85E-04	8.15E-04
Percentil 50	4.82E-03	7.52E-04	1.92E-03	4.80E-03	7.42E-04	1.91E-03
Percentil 90	8.87E-03	1.98E-03	4.53E-03	8.82E-03	1.99E-03	4.57E-03
Percentil 100	2.96E-02	2.23E-02	4.68E-02	2.71E-02	1.70E-02	4.34E-02
Zn						
Mitjana	1.54E-02	6.65E-03	2.47E-03	1.53E-02	6.66E-03	2.42E-03
Mediana	1.41E-02	5.80E-03	1.96E-03	1.41E-02	5.82E-03	1.96E-03
DE	6.57E-03	3.75E-03	1.87E-03	6.43E-03	3.69E-03	1.82E-03
Percentil 10	8.35E-03	2.96E-03	8.52E-04	8.35E-03	2.95E-03	8.23E-04
Percentil 50	1.41E-02	5.80E-03	1.96E-03	1.41E-02	5.82E-03	1.96E-03
Percentil 90	2.39E-02	1.13E-02	4.66E-03	2.37E-02	1.14E-02	4.48E-03
Percentil 100	5.95E-02	4.18E-02	3.22E-02	5.74E-02	3.27E-02	2.26E-02

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Taula A8.2- Exposició estimada de metalls a partir de l'aigua de consum per absorció dèrmica. Anàlisi de la Variabilitat, expressada en mg/kg-dia. No cancerigens.

	Derw nens			Derw Adults		
	Tram Alt	Tram Baix	Priorat	Tram Alt	Tram Baix	Priorat
Al						
Mitjana	8.59E-04	8.78E-04	1.85E-03	1.92E-05	2.13E-05	3.95E-05
Mediana	6.76E-05	6.20E-05	2.05E-04	3.87E-06	3.82E-06	1.22E-05
DE	8.05E-03	6.21E-03	1.41E-02	8.91E-05	1.07E-04	1.08E-04
Percentil 10	3.68E-06	3.42E-06	1.41E-05	3.73E-07	3.49E-07	1.49E-06
Percentil 50	6.76E-05	6.20E-05	2.05E-04	3.87E-06	3.82E-06	1.22E-05
Percentil 90	1.22E-03	1.26E-03	3.02E-03	4.01E-05	4.07E-05	8.86E-05
Percentil 100	5.81E-01	2.97E-01	9.90E-01	5.79E-03	4.50E-03	3.99E-03
As						
Mitjana	2.38E-05	9.35E-06	5.12E-05	5.73E-07	2.00E-07	1.12E-06
Mediana	2.80E-06	1.13E-06	6.43E-06	1.60E-07	6.47E-08	3.94E-07
DE	1.23E-04	6.07E-05	2.82E-04	1.66E-06	4.85E-07	2.88E-06
Percentil 10	1.87E-07	8.16E-08	5.12E-07	2.06E-08	8.89E-09	5.50E-08
Percentil 50	2.80E-06	1.13E-06	6.43E-06	1.60E-07	6.47E-08	3.94E-07
Percentil 90	4.26E-05	1.64E-05	9.26E-05	1.27E-06	4.52E-07	2.55E-06
Percentil 100	5.71E-03	3.30E-03	1.18E-02	6.09E-05	1.09E-05	9.59E-05
Be						
Mitjana	5.33E-06	5.33E-06	5.33E-06	3.15E-07	3.15E-07	3.15E-07
Mediana						
DE						
Percentil 10						
Percentil 50						
Percentil 90						
Percentil 100						
Cd						
Mitjana	1.46E-05	1.46E-05	1.48E-06	3.15E-08	3.15E-08	3.36E-08
Mediana			2.37E-07			1.40E-08
DE			7.58E-06			7.21E-08
Percentil 10			2.18E-08			2.48E-09
Percentil 50			2.37E-07			1.40E-08
Percentil 90			2.83E-06			7.66E-08
Percentil 100			4.94E-04			1.79E-06
Cr						
Mitjana	1.34E-05	5.57E-06	4.54E-04	1.46E-05	1.27E-07	9.89E-06
Mediana	2.17E-06	9.38E-07	6.46E-05	5.57E-06	5.46E-08	3.77E-06
DE	6.10E-05	2.75E-05	2.64E-03	3.62E-05	2.62E-07	2.50E-05
Percentil 10	1.93E-07	8.84E-08	5.23E-06	9.12E-07	1.03E-08	6.06E-07
Percentil 50	2.17E-06	9.38E-07	6.46E-05	5.57E-06	5.46E-08	3.77E-06
Percentil 90	2.64E-05	1.08E-05	8.12E-04	3.38E-05	2.88E-07	2.19E-05
Percentil 100	2.87E-03	1.63E-03	1.57E-01	1.87E-03	7.98E-06	1.20E-03
Fe						
Mitjana	6.51E-04	9.13E-04	1.84E-03	1.46E-05	2.08E-05	4.08E-05
Mediana	9.55E-05	1.05E-04	1.95E-04	5.57E-06	5.94E-06	1.17E-05
DE	3.15E-03	5.60E-03	1.68E-02	3.62E-05	6.59E-05	1.34E-04
Percentil 10	7.99E-06	7.40E-06	1.37E-05	9.12E-07	8.04E-07	1.45E-06
Percentil 50	9.55E-05	1.05E-04	1.95E-04	5.57E-06	5.94E-06	1.17E-05
Percentil 90	1.23E-03	1.53E-03	2.93E-03	3.38E-05	4.46E-05	8.83E-05
Percentil 100	1.67E-01	2.33E-01	1.42E+00	1.87E-03	2.87E-03	5.16E-03

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: 1.2189-2/07

Taula A8.2 (Continuació)- Exposició estimada de metalls a partir de l'aigua de consum per absorció dèrmica. Anàlisi de la Variabilitat, expressada en mg/kg-dia. No cancerígens.

	Derw nens			Derw Adults		
	Tram Alt	Tram Baix	Priorat	Tram Alt	Tram Baix	Priorat
Hg						
Mitjana	7.92E-06	9.94E-06	1.07E-06	1.77E-07	2.22E-07	6.29E-08
Mediana	2.22E-07	1.20E-06		1.26E-08	7.13E-08	
DE	1.16E-04	6.39E-05		3.45E-06	6.18E-07	
Percentil 10	7.06E-09	8.84E-08		6.68E-10	9.90E-09	
Percentil 50	2.22E-07	1.20E-06		1.26E-08	7.13E-08	
Percentil 90	6.64E-06	1.68E-05		2.41E-07	4.83E-07	
Percentil 100	6.35E-03	3.83E-03		3.39E-04	2.17E-05	
Mn						
Mitjana	1.00E-04	1.66E-05	1.67E-03	2.11E-06	3.87E-07	5.04E-05
Mediana	8.03E-06	1.62E-06	8.61E-05	4.70E-07	9.34E-08	5.19E-06
DE	1.06E-03	9.65E-05	1.21E-02	9.93E-06	1.29E-06	6.31E-04
Percentil 10	4.72E-07	9.80E-08	3.63E-06	4.71E-08	1.02E-08	3.71E-07
Percentil 50	8.03E-06	1.62E-06	8.61E-05	4.70E-07	9.34E-08	5.19E-06
Percentil 90	1.41E-04	2.73E-05	1.98E-03	4.20E-06	8.65E-07	7.00E-05
Percentil 100	7.11E-02	4.89E-03	5.24E-01	7.35E-04	4.40E-05	5.55E-02
Ni						
Mitjana	9.88E-06	3.38E-06	3.45E-05	2.04E-07	7.81E-08	7.56E-07
Mediana	1.18E-06	3.75E-07	4.28E-06	6.81E-08	2.18E-08	2.42E-07
DE	6.49E-05	1.95E-05	1.68E-04	5.18E-07	2.59E-07	2.16E-06
Percentil 10	9.13E-08	2.53E-08	2.98E-07	9.85E-09	2.72E-09	3.37E-08
Percentil 50	1.18E-06	3.75E-07	4.28E-06	6.81E-08	2.18E-08	2.42E-07
Percentil 90	1.70E-05	5.56E-06	6.17E-05	4.68E-07	1.64E-07	1.67E-06
Percentil 100	3.34E-03	7.89E-04	8.63E-03	2.03E-05	8.95E-06	8.36E-05
Pb						
Mitjana	1.32E-06	1.11E-06	3.30E-06	2.99E-08	2.49E-08	8.36E-08
Mediana	1.91E-07	1.59E-07	3.46E-07	1.09E-08	9.00E-09	1.96E-08
DE	7.13E-06	6.06E-06	1.57E-05	7.27E-08	6.12E-08	3.69E-07
Percentil 10	1.47E-08	1.31E-08	2.24E-08	1.72E-09	1.46E-09	2.39E-09
Percentil 50	1.91E-07	1.59E-07	3.46E-07	1.09E-08	9.00E-09	1.96E-08
Percentil 90	2.36E-06	2.03E-06	5.59E-06	6.75E-08	5.64E-08	1.72E-07
Percentil 100	3.11E-04	3.05E-04	6.13E-04	3.31E-06	1.70E-06	1.95E-05
V						
Mitjana	3.53E-05	7.19E-05	1.58E-04	8.20E-07	1.52E-06	3.73E-06
Mediana	5.47E-06	8.48E-06	2.24E-05	3.18E-07	4.98E-07	1.32E-06
DE	1.77E-04	5.76E-04	8.19E-04	1.84E-06	3.86E-06	1.00E-05
Percentil 10	4.69E-07	6.74E-07	1.76E-06	5.55E-08	7.51E-08	1.96E-07
Percentil 50	5.47E-06	8.48E-06	2.24E-05	3.18E-07	4.98E-07	1.32E-06
Percentil 90	7.00E-05	1.20E-04	2.92E-04	1.86E-06	3.35E-06	8.45E-06
Hg						
Zn						
Mitjana	6.36E-04	2.66E-04	1.01E-04	1.43E-05	6.23E-06	2.26E-06
Mediana	9.96E-05	4.14E-05	1.34E-05	5.84E-06	2.42E-06	8.00E-07
DE	3.03E-03	1.29E-03	6.51E-04	3.08E-05	2.27E-10	5.43E-06
Percentil 10	8.85E-06	3.35E-06	1.08E-06	9.92E-07	3.97E-07	1.21E-07
Percentil 50	9.96E-05	4.14E-05	1.34E-05	5.84E-06	2.42E-06	8.00E-07
Percentil 90	1.22E-03	5.05E-04	1.84E-04	3.24E-05	1.39E-05	5.14E-06
Percentil 100	1.49E-01	6.56E-02	5.04E-02	8.91E-04	5.47E-04	1.56E-04

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DOI: 10.2189/2007

Taula A8.3- Exposició estimada de metalls a partir de l' absorció dèrmica de partícules dels sòls. Anàlisi de la Variabilitat, expressada en mg/kg-dia. No cancerigens.

	Dèrmica sòls nens			Dèrmica sòls adults		
	Tram Alt	Tram Baix	Priorat	Tram Alt	Tram Baix	Priorat
Al						
Mitjana	8.45E-05	1.09E-04	1.33E-04	1.66E-05	2.14E-05	2.59E-05
Mediana	7.46E-05	9.83E-05	1.11E-04	1.49E-05	1.98E-05	2.23E-05
DE	4.39E-05	5.16E-05	8.77E-05	7.95E-06	8.72E-06	1.52E-05
Percentil 10	4.03E-05	5.68E-05	5.27E-05	8.56E-06	1.20E-05	1.10E-05
Percentil 50	7.46E-05	9.83E-05	1.11E-04	1.49E-05	1.98E-05	2.23E-05
Percentil 90	1.41E-04	1.75E-04	2.36E-04	2.68E-05	3.28E-05	4.52E-05
Percentil 100	4.24E-04	6.25E-04	1.12E-03	1.24E-04	8.02E-05	1.51E-04
As						
Mitjana	2.19E-07	1.31E-07	1.75E-07	4.21E-08	2.54E-08	3.43E-08
Mediana	1.17E-07	1.17E-07	1.51E-07	2.37E-08	2.35E-08	3.05E-08
DE	3.67E-07	6.32E-08	9.91E-08	6.41E-08	1.04E-08	1.78E-08
Percentil 10	2.84E-08	6.66E-08	7.80E-08	5.93E-09	1.41E-08	1.64E-08
Percentil 50	1.17E-07	1.17E-07	1.51E-07	2.37E-08	2.35E-08	3.05E-08
Percentil 90	4.83E-07	2.09E-07	2.99E-07	9.25E-08	3.91E-08	5.67E-08
Percentil 100	1.06E-05	8.55E-07	9.81E-07	1.82E-06	1.01E-07	2.02E-07
Be						
Mitjana	1.16E-08	7.11E-09	9.45E-09	2.23E-09	1.40E-09	1.85E-09
Mediana	6.18E-09	6.48E-09	8.47E-09	1.20E-09	1.31E-09	1.70E-09
DE	1.82E-08	3.10E-09	4.62E-09	3.36E-09	5.18E-10	7.81E-10
Percentil 10	1.41E-09	3.90E-09	4.77E-09	2.89E-10	8.29E-10	1.02E-09
Percentil 50	6.18E-09	6.48E-09	8.47E-09	1.20E-09	1.31E-09	1.70E-09
Percentil 90	2.68E-08	1.10E-08	1.51E-08	4.98E-09	2.07E-09	2.88E-09
Percentil 100	6.13E-07	3.06E-08	5.14E-08	8.92E-08	4.68E-09	7.44E-09
Cd						
Mitjana	7.12E-09	4.60E-09	5.00E-09	1.36E-09	8.98E-10	9.74E-10
Mediana	3.09E-09	4.11E-09	3.92E-09	6.32E-10	8.29E-10	7.83E-10
DE	1.65E-08	2.25E-09	3.93E-09	2.70E-09	3.75E-10	7.17E-10
Percentil 10	6.27E-10	2.33E-09	1.66E-09	1.26E-10	4.94E-10	3.33E-10
Percentil 50	3.09E-09	4.11E-09	3.92E-09	6.32E-10	8.29E-10	7.83E-10
Percentil 90	1.58E-08	7.48E-09	9.56E-09	3.06E-09	1.38E-09	1.84E-09
Percentil 100	5.87E-07	2.16E-08	5.52E-08	9.64E-08	3.40E-09	1.05E-08
Cr						
Mitjana	3.36E-07	2.27E-07	2.90E-07	6.56E-08	4.45E-08	5.74E-08
Mediana	1.78E-07	2.07E-07	2.50E-07	3.64E-08	4.17E-08	5.11E-08
DE	5.13E-07	1.01E-07	1.64E-07	9.54E-08	1.66E-08	3.00E-08
Percentil 10	4.18E-08	1.23E-07	1.30E-07	8.93E-09	2.62E-08	2.72E-08
Percentil 50	1.78E-07	2.07E-07	2.50E-07	3.64E-08	4.17E-08	5.11E-08
Percentil 90	7.45E-07	3.58E-07	4.93E-07	1.47E-07	6.62E-08	9.52E-08
Percentil 100	9.60E-06	1.02E-06	1.53E-06	1.72E-06	1.94E-07	4.02E-07
Fe						
Mitjana	2.31E-04	2.52E-04	3.46E-04	4.56E-05	4.89E-05	6.80E-05
Mediana	2.04E-04	2.23E-04	3.01E-04	4.13E-05	4.49E-05	6.04E-05
DE	1.21E-04	1.31E-04	1.97E-04	2.15E-05	2.19E-05	3.56E-05
Percentil 10	1.10E-04	1.21E-04	1.54E-04	2.33E-05	2.57E-05	3.22E-05
Percentil 50	2.04E-04	2.23E-04	3.01E-04	4.13E-05	4.49E-05	6.04E-05
Percentil 90	3.83E-04	4.17E-04	5.90E-04	7.30E-05	7.74E-05	1.13E-04

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: 112189-2007

Taula A8.3 (Continuació)- Exposició estimada de metalls a partir de l'absorció dèrmica de partícules dels sòls. Anàlisi de la Variabilitat, expressada en mg/kg-dia. No cancerígens.

	Dèrmica Tram Alt	sòls nens Tram Baix	Priorat	Dèrmica Tram Alt	sòls adults Tram Baix	Priorat
Hg						
Mitjana	3.51E-08	1.15E-09	9.38E-10	6.75E-09	2.28E-10	1.84E-10
Mediana	1.03E-08	7.19E-10	7.12E-10	2.07E-09	1.44E-10	1.47E-10
DE	1.30E-07	1.48E-09	7.91E-10	2.24E-08	2.81E-10	1.45E-10
Percentil 10	1.39E-09	2.06E-10	2.80E-10	3.02E-10	4.19E-11	6.02E-11
Percentil 50	1.03E-08	7.19E-10	7.12E-10	2.07E-09	1.44E-10	1.47E-10
Percentil 90	7.42E-08	2.47E-09	1.83E-09	1.44E-08	4.93E-10	3.47E-10
Percentil 100	5.92E-06	3.83E-08	1.32E-08	1.24E-06	6.51E-09	2.51E-09
Mn						
Mitjana	7.76E-06	5.27E-06	6.78E-06	1.50E-06	1.02E-06	1.32E-06
Mediana	4.02E-06	4.78E-06	5.81E-06	8.12E-07	9.52E-07	1.16E-06
DE	1.30E-05	2.38E-06	4.16E-06	2.26E-06	3.97E-07	7.15E-07
Percentil 10	9.60E-07	2.81E-06	2.87E-06	1.93E-07	5.95E-07	6.02E-07
Percentil 50	4.02E-06	4.78E-06	5.81E-06	8.12E-07	9.52E-07	1.16E-06
Percentil 90	1.74E-05	8.30E-06	1.17E-05	3.38E-06	1.54E-06	2.25E-06
Percentil 100	4.37E-04	2.76E-05	8.03E-05	4.92E-05	3.66E-06	8.16E-06
Ni						
Mitjana	5.16E-07	2.91E-07	3.54E-07	1.05E-07	5.70E-08	6.96E-08
Mediana	2.45E-07	2.66E-07	3.09E-07	4.93E-08	5.35E-08	6.19E-08
DE	9.32E-07	1.25E-07	1.97E-07	1.91E-07	2.05E-08	3.53E-08
Percentil 10	4.87E-08	1.60E-07	1.61E-07	1.06E-08	3.41E-08	3.38E-08
Percentil 50	2.45E-07	2.66E-07	3.09E-07	4.93E-08	5.35E-08	6.19E-08
Percentil 90	1.18E-06	4.55E-07	5.98E-07	2.39E-07	8.41E-08	1.15E-07
Percentil 100	2.30E-05	1.36E-06	2.34E-06	4.21E-06	1.81E-07	6.40E-07
Pb						
Mitjana	1.19E-06	1.11E-06	1.71E-06	2.40E-07	2.20E-07	3.30E-07
Mediana	5.36E-07	8.55E-07	8.61E-07	1.03E-07	1.75E-07	1.67E-07
DE	2.44E-06	9.38E-07	2.90E-06	4.72E-07	1.74E-07	5.59E-07
Percentil 10	9.91E-08	3.48E-07	1.90E-07	2.13E-08	7.17E-08	3.84E-08
Percentil 50	5.36E-07	8.55E-07	8.61E-07	1.03E-07	1.75E-07	1.67E-07
Percentil 90	2.71E-06	2.14E-06	3.86E-06	5.47E-07	4.21E-07	7.35E-07
Percentil 100	1.04E-04	2.36E-05	7.14E-05	1.37E-05	3.88E-06	1.60E-05
V						
Mitjana	3.89E-07	2.68E-07	2.96E-07	7.37E-08	5.24E-08	5.78E-08
Mediana	2.02E-07	2.40E-07	2.67E-07	4.01E-08	4.85E-08	5.37E-08
DE	5.86E-07	1.27E-07	1.38E-07	1.11E-07	2.11E-08	2.25E-08
Percentil 10	4.70E-08	1.40E-07	1.57E-07	9.73E-09	2.95E-08	3.31E-08
Percentil 50	2.02E-07	2.40E-07	2.67E-07	4.01E-08	4.85E-08	5.37E-08
Percentil 90	9.09E-07	4.28E-07	4.74E-07	1.68E-07	7.96E-08	8.69E-08
Percentil 100	1.47E-05	1.36E-06	2.13E-06	3.72E-06	2.23E-07	2.17E-07
Zn						
Mitjana	1.81E-06	1.40E-06	1.63E-06	3.61E-07	2.72E-07	3.19E-07
Mediana	8.98E-07	1.26E-06	1.37E-06	1.82E-07	2.51E-07	2.73E-07
DE	3.18E-06	6.65E-07	1.06E-06	5.91E-07	1.11E-07	1.89E-07
Percentil 10	2.01E-07	7.27E-07	6.55E-07	4.21E-08	1.52E-07	1.37E-07
Percentil 50	8.98E-07	1.26E-06	1.37E-06	1.82E-07	2.51E-07	2.73E-07
Percentil 90	4.09E-06	2.25E-06	2.91E-06	8.22E-07	4.16E-07	5.53E-07
Percentil 100	8.69E-05	9.58E-06	1.35E-05	1.62E-05	1.11E-06	2.02E-06

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: 1.2189-2007

**Taula A8.4 - Exposició estimada de metalls a partir de la ingesta de partícules dels sòls.
 Anàlisi de la Variabilitat, expressada en mg/kg-dia. No cancerígens.**

	Ingesta sòls nens			Ingesta sòls adults		
	Tram Alt	Tram Baix	Priorat	Tram Alt	Tram Baix	Priorat
Al						
Mitjana	3.36E+01	4.38E+01	5.28E+01	6.74E+00	8.74E+00	1.06E+01
Mediana	3.14E+01	4.16E+01	4.72E+01	6.19E+00	8.25E+00	9.25E+00
DE	1.28E+01	1.39E+01	2.71E+01	2.87E+00	3.19E+00	5.96E+00
Percentil 10	1.97E+01	2.82E+01	2.51E+01	3.68E+00	5.20E+00	4.78E+00
Percentil 50	3.14E+01	4.16E+01	4.72E+01	6.19E+00	8.25E+00	9.25E+00
Percentil 90	5.01E+01	6.21E+01	8.73E+01	1.04E+01	1.29E+01	1.78E+01
Percentil 100	1.17E+02	1.24E+02	2.60E+02	2.81E+01	3.65E+01	7.81E+01
As						
Mitjana	8.53E-02	5.20E-02	6.93E-02	1.70E-02	1.04E-02	1.40E-02
Mediana	5.05E-02	4.94E-02	6.35E-02	9.54E-03	9.78E-03	1.26E-02
DE	1.12E-01	1.72E-02	3.05E-02	2.61E-02	3.94E-03	6.69E-03
Percentil 10	1.32E-02	3.25E-02	3.73E-02	2.48E-03	6.10E-03	7.08E-03
Percentil 50	5.05E-02	4.94E-02	6.35E-02	9.54E-03	9.78E-03	1.26E-02
Percentil 90	1.88E-01	7.48E-02	1.08E-01	3.70E-02	1.55E-02	2.23E-02
Percentil 100	1.85E+00	1.61E-01	3.64E-01	7.69E-01	3.62E-02	7.88E-02
Be						
Mitjana	4.52E-03	2.81E-03	3.77E-03	9.27E-04	5.66E-04	7.52E-04
Mediana	2.49E-03	2.73E-03	3.57E-03	5.03E-04	5.42E-04	7.02E-04
DE	6.42E-03	7.27E-04	1.25E-03	1.35E-03	1.78E-04	2.87E-04
Percentil 10	6.08E-04	1.96E-03	2.38E-03	1.19E-04	3.62E-04	4.41E-04
Percentil 50	2.49E-03	2.73E-03	3.57E-03	5.03E-04	5.42E-04	7.02E-04
Percentil 90	1.02E-02	3.77E-03	5.42E-03	2.09E-03	7.94E-04	1.12E-03
Percentil 100	9.69E-02	6.92E-03	1.15E-02	2.53E-02	1.73E-03	2.98E-03
Cd						
Mitjana	2.72E-03	1.82E-03	1.98E-03	5.50E-04	3.67E-04	3.98E-04
Mediana	1.33E-03	1.73E-03	1.65E-03	2.55E-04	3.43E-04	3.24E-04
DE	4.48E-03	6.06E-04	1.34E-03	9.84E-04	1.39E-04	2.85E-04
Percentil 10	2.76E-04	1.14E-03	7.66E-04	5.42E-05	2.15E-04	1.47E-04
Percentil 50	1.33E-03	1.73E-03	1.65E-03	2.55E-04	3.43E-04	3.24E-04
Percentil 90	6.30E-03	2.61E-03	3.60E-03	1.25E-03	5.44E-04	7.28E-04
Percentil 100	9.02E-02	7.01E-03	1.85E-02	1.90E-02	1.40E-03	3.49E-03
Cr						
Mitjana	1.33E-01	9.03E-02	1.15E-01	2.65E-02	1.82E-02	2.30E-02
Mediana	7.34E-02	8.71E-02	1.04E-01	1.47E-02	1.73E-02	2.06E-02
DE	1.87E-01	2.46E-02	5.06E-02	3.86E-02	6.02E-03	1.12E-02
Percentil 10	1.93E-02	6.18E-02	6.14E-02	3.69E-03	1.15E-02	1.16E-02
Percentil 50	7.34E-02	8.71E-02	1.04E-01	1.47E-02	1.73E-02	2.06E-02
Percentil 90	3.04E-01	1.23E-01	1.81E-01	5.97E-02	2.63E-02	3.71E-02
Percentil 100	4.59E+00	2.40E-01	4.58E-01	6.96E-01	5.82E-02	1.47E-01
Fe						
Mitjana	9.23E+01	9.88E+01	1.39E+02	1.84E+01	1.98E+01	2.77E+01
Mediana	8.62E+01	9.32E+01	1.27E+02	1.70E+01	1.84E+01	2.50E+01
DE	3.55E+01	3.57E+01	6.10E+01	7.81E+00	8.24E+00	1.30E+01
Percentil 10	5.35E+01	5.96E+01	7.42E+01	1.00E+01	1.09E+01	1.40E+01
Percentil 50	8.62E+01	9.32E+01	1.27E+02	1.70E+01	1.84E+01	2.50E+01
Percentil 90	1.38E+02	1.45E+02	2.20E+02	2.86E+01	3.05E+01	4.52E+01
Percentil 100	3.75E+02	3.30E+02	5.96E+02	9.11E+01	8.02E+01	1.27E+02

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-3; DL: 1.2189-2007

Taula A8.4(Continuació) - Exposició estimada de metalls a partir de la ingesta de partícules dels sòls. Anàlisi de la Variabilitat, expressada en mg/kg-dia. No cancerigens.

	Ingesta Tram Alt	sòls nens Tram Baix	Priorat	Ingesta Tram Alt	sòls adults Tram Baix	Priorat
Hg						
Mitjana	1.37E-02	4.62E-04	3.71E-04	2.61E-03	9.26E-05	7.51E-05
Mediana	4.43E-03	3.05E-04	3.02E-04	8.31E-04	5.94E-05	6.03E-05
DE	4.40E-02	5.42E-04	2.59E-04	6.76E-03	1.07E-04	5.60E-05
Percentil 10	6.15E-04	9.24E-05	1.32E-04	1.20E-04	1.76E-05	2.59E-05
Percentil 50	4.43E-03	3.05E-04	3.02E-04	8.31E-04	5.94E-05	6.03E-05
Percentil 90	2.98E-02	9.69E-04	6.90E-04	5.79E-03	2.04E-04	1.41E-04
Percentil 100	1.73E+00	1.07E-02	3.18E-03	2.24E-01	1.44E-03	8.35E-04
Mn						
Mitjana	3.12E+00	2.07E+00	2.69E+00	6.14E-01	4.17E-01	5.48E-01
Mediana	1.72E+00	1.99E+00	2.42E+00	3.39E-01	3.94E-01	4.90E-01
DE	4.81E+00	5.95E-01	1.27E+00	9.06E-01	1.41E-01	2.76E-01
Percentil 10	4.30E-01	1.38E+00	1.37E+00	8.21E-02	2.58E-01	2.66E-01
Percentil 50	1.72E+00	1.99E+00	2.42E+00	3.39E-01	3.94E-01	4.90E-01
Percentil 90	7.04E+00	2.86E+00	4.34E+00	1.37E+00	6.04E-01	9.01E-01
Percentil 100	1.15E+02	5.53E+00	1.34E+01	1.90E+01	1.47E+00	3.39E+00
Ni						
Mitjana	2.07E-01	1.16E-01	1.41E-01	4.19E-02	2.33E-02	2.83E-02
Mediana	1.02E-01	1.12E-01	1.31E-01	2.02E-02	2.22E-02	2.57E-02
DE	3.45E-01	2.98E-02	5.78E-02	7.55E-02	7.31E-03	1.28E-02
Percentil 10	2.27E-02	8.09E-02	7.82E-02	4.35E-03	1.50E-02	1.49E-02
Percentil 50	1.02E-01	1.12E-01	1.31E-01	2.02E-02	2.22E-02	2.57E-02
Percentil 90	4.62E-01	1.55E-01	2.16E-01	9.54E-02	3.29E-02	4.51E-02
Percentil 100	7.31E+00	2.93E-01	6.13E-01	3.25E+00	7.14E-02	1.14E-01
Pb						
Mitjana	4.75E-01	4.44E-01	6.68E-01	9.60E-02	8.95E-02	1.36E-01
Mediana	2.19E-01	3.63E-01	3.58E-01	4.50E-02	7.18E-02	7.09E-02
DE	9.11E-01	3.11E-01	1.03E+00	1.81E-01	6.78E-02	2.11E-01
Percentil 10	4.53E-02	1.58E-01	8.29E-02	8.88E-03	3.08E-02	1.63E-02
Percentil 50	2.19E-01	3.63E-01	3.58E-01	4.50E-02	7.18E-02	7.09E-02
Percentil 90	1.07E+00	8.29E-01	1.50E+00	2.19E-01	1.68E-01	3.09E-01
Percentil 100	1.89E+01	3.49E+00	2.52E+01	6.24E+00	1.73E+00	4.75E+00
V						
Mitjana	1.55E-01	1.07E-01	1.17E-01	3.03E-02	2.14E-02	2.34E-02
Mediana	8.49E-02	1.02E-01	1.13E-01	1.69E-02	2.02E-02	2.21E-02
DE	2.57E-01	3.34E-02	3.35E-02	4.36E-02	7.73E-03	8.09E-03
Percentil 10	2.12E-02	6.93E-02	7.85E-02	4.04E-03	1.27E-02	1.45E-02
Percentil 50	8.49E-02	1.02E-01	1.13E-01	1.69E-02	2.02E-02	2.21E-02
Percentil 90	3.40E-01	1.51E-01	1.61E-01	6.71E-02	3.15E-02	3.41E-02
Percentil 100	9.49E+00	3.17E-01	3.36E-01	7.91E-01	7.15E-02	7.92E-02
Zn						
Mitjana	7.43E-01	5.55E-01	6.52E-01	1.48E-01	1.11E-01	1.30E-01
Mediana	3.85E-01	5.30E-01	5.83E-01	7.54E-02	1.04E-01	1.13E-01
DE	1.22E+00	1.72E-01	3.35E-01	2.43E-01	4.00E-02	7.21E-02
Percentil 10	8.94E-02	3.59E-01	3.08E-01	1.69E-02	6.62E-02	5.91E-02
Percentil 50	3.85E-01	5.30E-01	5.83E-01	7.54E-02	1.04E-01	1.13E-01
Percentil 90	1.67E+00	7.85E-01	1.09E+00	3.41E-01	1.64E-01	2.24E-01
Percentil 100	3.50E+01	1.84E+00	3.15E+00	6.96E+00	3.37E-01	1.02E+00

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-3/DL: L-2189-2007

**Taula A8.5 - Exposició estimada de metalls a partir de la inhalació de partícules dels sòls.
 Anàlisi de la Variabilitat, expressada en mg/kg-dia. No cancerígens.**

	Inhalació sòls nens			Inhalació sòls adults		
	Tram Alt	Tram Baix	Priorat	Tram Alt	Tram Baix	Priorat
Al						
Mitjana	1.05E-01	1.37E-01	1.65E-01	2.07E-02	2.72E-02	3.23E-02
Mediana	9.06E-02	1.20E-01	1.32E-01	1.83E-02	2.46E-02	2.70E-02
DE	6.29E-02	7.73E-02	1.20E-01	1.14E-02	1.37E-02	2.18E-02
Percentil 10	4.26E-02	5.85E-02	5.64E-02	8.79E-03	1.23E-02	1.19E-02
Percentil 50	9.06E-02	1.20E-01	1.32E-01	1.83E-02	2.46E-02	2.70E-02
Percentil 90	1.85E-01	2.38E-01	3.07E-01	3.55E-02	4.56E-02	5.90E-02
Percentil 100	5.71E-01	7.69E-01	1.44E+00	1.26E-01	1.28E-01	2.98E-01
As						
Mitjana	2.69E-04	1.62E-04	2.16E-04	5.14E-05	3.18E-05	4.29E-05
Mediana	1.41E-04	1.42E-04	1.84E-04	2.81E-05	2.86E-05	3.71E-05
DE	4.57E-04	9.23E-05	1.36E-04	7.49E-05	1.61E-05	2.54E-05
Percentil 10	3.31E-05	6.78E-05	8.32E-05	6.70E-06	1.44E-05	1.72E-05
Percentil 50	1.41E-04	1.42E-04	1.84E-04	2.81E-05	2.86E-05	3.71E-05
Percentil 90	5.90E-04	2.82E-04	3.87E-04	1.15E-04	5.33E-05	7.60E-05
Percentil 100	1.25E-02	9.80E-04	1.35E-03	1.56E-03	1.44E-04	2.87E-04
Be						
Mitjana	1.46E-05	8.80E-06	1.17E-05	2.87E-06	1.74E-06	2.34E-06
Mediana	7.26E-06	7.85E-06	1.03E-05	1.44E-06	1.61E-06	2.08E-06
DE	2.56E-05	4.64E-06	6.57E-06	4.66E-06	8.07E-07	1.21E-06
Percentil 10	1.57E-06	3.96E-06	4.91E-06	3.20E-07	8.35E-07	1.05E-06
Percentil 50	7.26E-06	7.85E-06	1.03E-05	1.44E-06	1.61E-06	2.08E-06
Percentil 90	3.30E-05	1.48E-05	2.03E-05	6.66E-06	2.83E-06	3.94E-06
Percentil 100	6.67E-04	4.00E-05	5.55E-05	1.22E-04	6.39E-06	1.13E-05
Cd						
Mitjana	8.83E-06	5.71E-06	6.18E-06	1.74E-06	1.15E-06	1.22E-06
Mediana	3.87E-06	4.97E-06	4.71E-06	7.69E-07	1.03E-06	9.51E-07
DE	1.85E-05	3.25E-06	5.23E-06	3.74E-06	5.86E-07	1.10E-06
Percentil 10	7.15E-07	2.41E-06	1.79E-06	1.43E-07	5.15E-07	3.64E-07
Percentil 50	3.87E-06	4.97E-06	4.71E-06	7.69E-07	1.03E-06	9.51E-07
Percentil 90	1.97E-05	9.89E-06	1.23E-05	3.96E-06	1.94E-06	2.39E-06
Percentil 100	4.62E-04	3.75E-05	6.26E-05	1.71E-04	4.40E-06	5.39E-05
Cr						
Mitjana	4.18E-04	2.84E-04	3.57E-04	8.33E-05	5.60E-05	7.08E-05
Mediana	2.18E-04	2.53E-04	2.98E-04	4.33E-05	5.17E-05	6.10E-05
DE	6.33E-04	1.50E-04	2.32E-04	1.34E-04	2.63E-05	4.21E-05
Percentil 10	4.98E-05	1.24E-04	1.35E-04	1.03E-05	2.64E-05	2.85E-05
Percentil 50	2.18E-04	2.53E-04	2.98E-04	4.33E-05	5.17E-05	6.10E-05
Percentil 90	9.38E-04	4.80E-04	6.49E-04	1.88E-04	9.06E-05	1.25E-04
Percentil 100	1.00E-02	1.49E-03	2.43E-03	3.10E-03	2.19E-04	5.06E-04
Fe						
Mitjana	2.88E-01	3.11E-01	4.29E-01	5.72E-02	6.15E-02	8.56E-02
Mediana	2.47E-01	2.72E-01	3.59E-01	5.06E-02	5.48E-02	7.33E-02
DE	1.74E-01	1.83E-01	2.77E-01	3.13E-02	3.29E-02	5.11E-02
Percentil 10	1.16E-01	1.27E-01	1.66E-01	2.46E-02	2.68E-02	3.47E-02
Percentil 50	2.47E-01	2.72E-01	3.59E-01	5.06E-02	5.48E-02	7.33E-02
Percentil 90	5.11E-01	5.47E-01	7.79E-01	9.77E-02	1.06E-01	1.51E-01
Percentil 100	1.80E+00	2.65E+00	2.94E+00	3.25E-01	3.03E-01	4.95E-01

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-3/DL: 1-2189-2007

Taula A8.5 (Continuació) - Exposició estimada de metalls a partir de la inhalació de partícules dels sòls. Anàlisi de la Variabilitat, expressada en mg/kg-dia. No cancerigens.

	Inhalació Tram Alt	sòls nens Tram Baix	Priorat	Inhalació Tram Alt	sòls adults Tram Baix	Priorat
Hg						
Mitjana	4.33E-05	1.41E-06	1.15E-06	8.95E-06	2.78E-07	2.31E-07
Mediana	1.27E-05	8.45E-07	8.55E-07	2.53E-06	1.68E-07	1.77E-07
DE	1.27E-04	1.79E-06	1.03E-06	3.56E-05	3.61E-07	2.00E-07
Percentil 10	1.73E-06	2.26E-07	3.18E-07	3.36E-07	4.78E-08	6.51E-08
Percentil 50	1.27E-05	8.45E-07	8.55E-07	2.53E-06	1.68E-07	1.77E-07
Percentil 90	9.49E-05	3.10E-06	2.30E-06	1.86E-05	6.19E-07	4.51E-07
Percentil 100	4.91E-03	3.34E-05	1.84E-05	1.81E-03	9.73E-06	3.13E-06
Mn						
Mitjana	9.62E-03	6.53E-03	8.48E-03	1.90E-03	1.29E-03	1.67E-03
Mediana	4.83E-03	5.78E-03	7.10E-03	9.55E-04	1.18E-03	1.41E-03
DE	1.77E-02	3.47E-03	5.75E-03	3.06E-03	6.14E-04	1.05E-03
Percentil 10	1.09E-03	2.88E-03	3.05E-03	2.11E-04	6.03E-04	6.42E-04
Percentil 50	4.83E-03	5.78E-03	7.10E-03	9.55E-04	1.18E-03	1.41E-03
Percentil 90	2.16E-02	1.11E-02	1.57E-02	4.21E-03	2.12E-03	3.02E-03
Percentil 100	7.17E-01	3.38E-02	6.55E-02	5.19E-02	6.16E-03	9.62E-03
Ni						
Mitjana	6.76E-04	3.62E-04	4.39E-04	1.32E-04	7.17E-05	8.70E-05
Mediana	2.99E-04	3.27E-04	3.69E-04	6.02E-05	6.61E-05	7.57E-05
DE	1.31E-03	1.86E-04	2.79E-04	2.58E-04	3.31E-05	5.07E-05
Percentil 10	5.58E-05	1.65E-04	1.69E-04	1.18E-05	3.44E-05	3.57E-05
Percentil 50	2.99E-04	3.27E-04	3.69E-04	6.02E-05	6.61E-05	7.57E-05
Percentil 90	1.57E-03	6.07E-04	7.91E-04	2.94E-04	1.16E-04	1.51E-04
Percentil 100	3.58E-02	1.81E-03	3.20E-03	8.57E-03	2.68E-04	6.61E-04
Pb						
Mitjana	1.51E-03	1.37E-03	2.13E-03	3.01E-04	2.73E-04	4.32E-04
Mediana	6.29E-04	1.02E-03	1.02E-03	1.28E-04	2.09E-04	2.15E-04
DE	3.23E-03	1.22E-03	3.78E-03	6.04E-04	2.25E-04	7.96E-04
Percentil 10	1.13E-04	3.75E-04	2.13E-04	2.41E-05	8.02E-05	4.38E-05
Percentil 50	6.29E-04	1.02E-03	1.02E-03	1.28E-04	2.09E-04	2.15E-04
Percentil 90	3.33E-03	2.73E-03	4.78E-03	6.90E-04	5.46E-04	9.84E-04
Percentil 100	8.99E-02	1.86E-02	1.06E-01	1.51E-02	2.75E-03	3.80E-02
V						
Mitjana	4.84E-04	3.34E-04	3.66E-04	9.33E-05	6.60E-05	7.26E-05
Mediana	2.46E-04	2.92E-04	3.22E-04	4.86E-05	5.99E-05	6.62E-05
DE	8.43E-04	1.85E-04	1.98E-04	1.45E-04	3.29E-05	3.51E-05
Percentil 10	5.47E-05	1.45E-04	1.60E-04	1.13E-05	3.03E-05	3.38E-05
Percentil 50	2.46E-04	2.92E-04	3.22E-04	4.86E-05	5.99E-05	6.62E-05
Percentil 90	1.08E-03	5.75E-04	6.25E-04	2.14E-04	1.09E-04	1.19E-04
Percentil 100	3.08E-02	1.84E-03	2.48E-03	2.60E-03	3.02E-04	2.97E-04
Zn						
Mitjana	2.29E-03	1.73E-03	2.04E-03	4.63E-04	3.42E-04	4.05E-04
Mediana	1.09E-03	1.53E-03	1.65E-03	2.21E-04	3.09E-04	3.35E-04
DE	3.93E-03	9.67E-04	1.49E-03	8.36E-04	1.72E-04	2.78E-04
Percentil 10	2.28E-04	7.37E-04	6.99E-04	4.84E-05	1.57E-04	1.47E-04
Percentil 50	1.09E-03	1.53E-03	1.65E-03	2.21E-04	3.09E-04	3.35E-04
Percentil 90	5.31E-03	2.98E-03	3.81E-03	1.05E-03	5.71E-04	7.46E-04
Percentil 100	1.13E-01	1.10E-02	2.12E-02	1.91E-02	1.65E-03	3.63E-03



Núria Ferré Huguet
ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007



Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

ANNEX 9- EXPOSICIÓ PREDITA A METALLS CANCERÍGENS



Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007

Núria Ferré Huguet
 ISBN: 978-84-691-0371-3/DL: 1.2189-2007

Taula A9.1- Exposició estimada de metalls a partir de l'aigua de consum per ingesta. Anàlisi de la Variabilitat, expressada en mg/kg-dia. cancerígens.

	EDDw nens			EDDw adults		
	Tram Alt	Tram Baix	Priorat	Tram Alt	Tram Baix	Priorat
As						
Mitjana	2.06E-02	7.38E-03	4.01E-02	1.29E-01	4.59E-02	2.51E-01
Mediana	1.05E-02	4.20E-03	2.45E-02	5.30E-02	2.08E-02	1.21E-01
DE	3.43E-02	1.08E-02	5.07E-02	2.93E-01	8.41E-02	4.51E-01
Percentil 10	2.61E-03	1.21E-03	7.79E-03	9.61E-03	4.22E-03	2.74E-02
Percentil 50	1.05E-02	4.20E-03	2.45E-02	5.30E-02	2.08E-02	1.21E-01
Percentil 90	4.57E-02	1.59E-02	8.78E-02	2.89E-01	1.03E-01	5.63E-01
Percentil 100	8.99E-01	2.30E-01	7.38E-01	8.20E+00	1.62E+00	2.08E+01
Be						
Mitjana	2.21E-06	2.21E-06	2.21E-06	1.38E-06	1.38E-06	1.38E-06
Mediana						
DE						
Percentil 10						
Percentil 50						
Percentil 90						
Percentil 100						

Taula A9.2- Exposició estimada de metalls a partir de l'aigua de consum per absorció dèrmica. Anàlisi de la variabilitat expressada en mg/kg-dia. cancerígens.

	Derw nens			Derw Adults		
	Tram Alt	Tram Baix	Priorat	Tram Alt	Tram Baix	Priorat
As						
Mitjana	3.03E-04	2.76E-04	6.17E-04	3.13E-05	3.46E-05	6.70E-05
Mediana	5.19E-05	5.05E-05	1.55E-04	4.25E-06	4.12E-06	1.25E-05
DE	1.49E-03	1.10E-03	2.13E-03	1.60E-04	2.33E-04	2.90E-04
Percentil 10	4.71E-06	4.50E-06	1.85E-05	3.04E-07	2.98E-07	1.23E-06
Percentil 50	5.19E-05	5.05E-05	1.55E-04	4.25E-06	4.12E-06	1.25E-05
Percentil 90	5.72E-04	5.22E-04	1.27E-03	5.89E-05	5.79E-05	1.34E-04
Percentil 100	6.33E-02	3.47E-02	6.87E-02	8.56E-03	1.45E-02	1.50E-02
Be						
Mitjana	8.81E-06	3.06E-06	1.72E-05	1.10E-06	3.66E-07	2.01E-06
Mediana	2.05E-06	8.37E-07	4.89E-06	1.81E-07	7.25E-08	4.20E-07
DE	3.96E-05	9.25E-06	5.30E-05	7.68E-06	1.89E-06	9.70E-06
Percentil 10	2.28E-07	1.07E-07	6.50E-07	1.49E-08	6.70E-09	4.06E-08
Percentil 50	2.05E-06	8.37E-07	4.89E-06	1.81E-07	7.25E-08	4.20E-07
Percentil 90	1.78E-05	6.49E-06	3.66E-05	1.92E-06	6.73E-07	3.90E-06
Percentil 100	2.55E-03	3.26E-04	2.22E-03	6.25E-04	1.00E-04	5.92E-04

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/ISSN: 1121-89-2007

Taula A9.3- Exposició estimada de metalls a partir de l'absorció dèrmica de partícules dels sòls. Anàlisi de la Variabilitat, expressada en mg/kg-dia. cancerígens.

	Dèrmica Tram Alt	sòls nens Tram Baix	Priorat	Dèrmica Tram Alt	sòls Tram Baix	adults Priorat
As						
Mitjana	5.89E-08	3.53E-08	4.66E-08	2.49E-09	1.51E-09	2.00E-09
Mediana	5.89E-08	1.19E-08	1.53E-08	7.80E-10	7.90E-10	1.01E-09
DE	5.89E-08	8.98E-08	1.14E-07	7.05E-09	2.50E-09	3.32E-09
Percentil 10	5.89E-08	1.62E-09	2.01E-09	1.06E-10	1.72E-10	2.17E-10
Percentil 50	5.89E-08	1.19E-08	1.53E-08	7.80E-10	7.90E-10	1.01E-09
Percentil 90	5.89E-08	8.20E-08	1.09E-07	5.49E-09	3.34E-09	4.56E-09
Percentil 100	5.89E-08	2.85E-06	4.33E-06	3.07E-07	6.36E-08	7.89E-08
Be						
Mitjana	1.07E-10	6.42E-11	8.53E-11	4.58E-12	2.71E-12	3.67E-12
Mediana	1.97E-11	2.18E-11	2.87E-11	1.35E-12	1.47E-12	1.90E-12
DE	4.79E-10	1.58E-10	2.15E-10	1.53E-11	4.12E-12	6.03E-12
Percentil 10	1.84E-12	2.97E-12	3.83E-12	1.80E-13	3.24E-13	4.18E-13
Percentil 50	1.97E-11	2.18E-11	2.87E-11	1.35E-12	1.47E-12	1.90E-12
Percentil 90	2.15E-10	1.47E-10	1.97E-10	9.86E-12	6.07E-12	8.19E-12
Percentil 100	2.69E-08	3.90E-09	7.33E-09	7.50E-10	8.15E-11	1.65E-10

Taula A9.4- Exposició estimada de metalls a partir de la ingesta de partícules dels sòls. Anàlisi de la Variabilitat, expressada en mg/kg-dia. cancerígens.

	Ingesta Tram Alt	sòls nens Tram Baix	Priorat	Ingesta Tram Alt	sòls adults Tram Baix	Priorat
As						
Mitjana	6.41E-01	3.83E-01	5.14E-01	6.89E-02	4.05E-02	5.37E-02
Mediana	1.07E-01	1.10E-01	1.43E-01	1.34E-02	1.35E-02	1.73E-02
DE	3.63E+00	1.05E+00	1.48E+00	3.03E-01	1.06E-01	1.44E-01
Percentil 10	9.13E-03	1.30E-02	1.64E-02	1.25E-03	1.78E-03	2.25E-03
Percentil 50	1.07E-01	1.10E-01	1.43E-01	1.34E-02	1.35E-02	1.73E-02
Percentil 90	1.24E+00	8.53E-01	1.15E+00	1.35E-01	9.44E-02	1.20E-01
Percentil 100	2.34E+02	2.48E+01	5.46E+01	1.31E+01	3.59E+00	6.25E+00
Be						
Mitjana	3.46E-02	2.12E-02	2.80E-02	3.57E-03	2.22E-03	2.89E-03
Mediana	5.62E-03	6.06E-03	7.92E-03	6.77E-04	7.54E-04	9.73E-04
DE	1.53E-01	5.97E-02	8.30E-02	2.08E-02	5.56E-03	7.07E-03
Percentil 10	4.36E-04	7.23E-04	9.50E-04	6.08E-05	1.03E-04	1.32E-04
Percentil 50	5.62E-03	6.06E-03	7.92E-03	6.77E-04	7.54E-04	9.73E-04
Percentil 90	6.36E-02	4.90E-02	6.31E-02	6.97E-03	5.00E-03	6.81E-03
Percentil 100	4.87E+00	1.97E+00	2.99E+00	1.55E+00	1.72E-01	2.64E-01

Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: 1.2189-2007

**Taula A9.5 - Exposició estimada de metalls a partir de la inhalació de partícules dels sòls.
 Anàlisi de la Variabilitat, expressada en mg/kg-dia. cancerígens.**

	Inhalació sòls nens			Inhalació sòls adults		
	Tram Alt	Tram Baix	Priorat	Tram Alt	Tram Baix	Priorat
As						
Mitjana	1.05E-04	4.56E-04	6.02E-04	1.05E-04	6.02E-05	7.96E-05
Mediana	2.16E-05	1.41E-04	1.81E-04	2.16E-05	2.16E-05	2.74E-05
DE	6.51E-04	1.34E-03	1.83E-03	6.51E-04	1.44E-04	2.05E-04
Percentil 10	2.33E-06	1.95E-05	2.44E-05	2.33E-06	3.42E-06	4.20E-06
Percentil 50	2.16E-05	1.41E-04	1.81E-04	2.16E-05	2.16E-05	2.74E-05
Percentil 90	2.10E-04	9.82E-04	1.34E-03	2.10E-04	1.39E-04	1.84E-04
Percentil 100	5.46E-02	4.60E-02	5.79E-02	5.46E-02	4.69E-03	1.05E-02
Be						
Mitjana	5.32E-06	2.46E-05	3.35E-05	5.32E-06	3.28E-06	4.36E-06
Mediana	1.11E-06	7.75E-06	1.02E-05	1.11E-06	1.18E-06	1.54E-06
DE	1.93E-05	7.53E-05	1.05E-04	1.93E-05	7.87E-06	1.11E-05
Percentil 10	1.14E-07	1.08E-06	1.38E-06	1.14E-07	1.91E-07	2.52E-07
Percentil 50	1.11E-06	7.75E-06	1.02E-05	1.11E-06	1.18E-06	1.54E-06
Percentil 90	1.13E-05	5.36E-05	7.19E-05	1.13E-05	7.64E-06	1.00E-05
Percentil 100	9.97E-04	3.38E-03	3.85E-03	9.97E-04	3.57E-04	4.65E-04
Cd						
Mitjana	3.26E-06	1.61E-05	1.79E-05	3.26E-06	2.14E-06	2.32E-06
Mediana	5.73E-07	4.96E-06	4.74E-06	5.73E-07	7.55E-07	7.33E-07
DE	1.54E-05	5.33E-05	6.11E-05	1.54E-05	5.18E-06	6.44E-06
Percentil 10	5.44E-08	6.74E-07	5.63E-07	5.44E-08	1.21E-07	1.02E-07
Percentil 50	5.73E-07	4.96E-06	4.74E-06	5.73E-07	7.55E-07	7.33E-07
Percentil 90	6.22E-06	3.55E-05	3.72E-05	6.22E-06	4.94E-06	5.42E-06
Percentil 100	9.83E-04	3.24E-03	2.20E-03	9.83E-04	1.45E-04	2.81E-04
Cr						
Mitjana	1.60E-04	8.06E-04	2.17E-04	1.60E-04	1.07E-04	2.88E-05
Mediana	3.31E-05	2.49E-04	7.03E-05	3.31E-05	3.81E-05	1.07E-05
DE	6.01E-04	2.72E-03	6.68E-04	6.01E-04	2.52E-04	6.55E-05
Percentil 10	3.48E-06	3.39E-05	1.00E-05	3.48E-06	6.13E-06	1.79E-06
Percentil 50	3.31E-05	2.49E-04	7.03E-05	3.31E-05	3.81E-05	1.07E-05
Percentil 90	3.20E-04	1.72E-03	4.72E-04	3.20E-04	2.45E-04	6.64E-05
Percentil 100	2.64E-02	1.24E-01	2.72E-02	2.64E-02	8.04E-03	2.24E-03
Cr VI						
Mitjana	2.67E-05	1.34E-04	1.71E-04	2.67E-05	1.79E-05	2.28E-05
Mediana	5.51E-06	4.16E-05	4.93E-05	5.51E-06	6.36E-06	7.67E-06
DE	1.00E-04	4.54E-04	6.17E-04	1.00E-04	4.20E-05	6.51E-05
Percentil 10	5.79E-07	5.64E-06	6.56E-06	5.79E-07	1.02E-06	1.19E-06
Percentil 50	5.51E-06	4.16E-05	4.93E-05	5.51E-06	6.36E-06	7.67E-06
Percentil 90	5.33E-05	2.87E-04	3.72E-04	5.33E-05	4.09E-05	5.05E-05
Percentil 100	4.39E-03	2.06E-02	2.59E-02	4.39E-03	1.34E-03	2.74E-03



Núria Ferré Huguet

ISBN: 978-84-691-0371-5/DL: T.2189-2007



NIVELLS DE METALLS PESANTS A LA CONCA CATALANA DEL RIU EBRE. AVALUACIÓ DEL RISC PER A LA POBLACIÓ I L'ECOSISTEMA

**Universitat Rovira i Virgili
Facultat de Medicina i Ciències de la Salut
Departament de Ciències Mèdiques Bàsiques
Laboratori de Toxicologia i Salut Mediambiental**

Tesi Doctoral

NÚRIA FERRÉ I HUGUET

Directors

Dr. Josep Lluís Domingo i Roig i Dra. Marta Schuhmacher Ansuategui

Reus , 2007