

Avaluació de la qualitat ambiental dels rius de Catalunya mitjançant Sistemes d'Informació Geogràfica

Autora: Marta Terrado Casanovas; **Professor coordinador:** Xavier Carceller

Projecte inscrit dins el Màster en Sistemes d'Informació Geogràfica de la Fundació Politècnica de Catalunya, UPC. Bienni 2003-05

1. Introducció

Els canvis en les condicions climàtiques, usos del territori i contaminació de sòls i sediments, causen impactes adversos sobre la qualitat i quantitat de l'aigua disponible en el territori, i el coneixement actual sobre la gestió de les conques hidrogràfiques no és suficient per pal·liar aquests impactes.

L'Agència Catalana de l'Aigua (ACA) ha recopilat durant els darrers anys gran quantitat d'informació analítica sobre els principals microcontaminants orgànics legislats (especialment compostos organoclorats) i metalls pesants. Aquestes dades, que continuen obtenint-se en l'actualitat, han estat adquirides mitjançant preses de mostra en diferents punts de la xarxa hidrogràfica de Catalunya, tant per a mostres de sediments com de peixos.

El grup de Quimiometria Ambiental de l'*Institut d'Investigacions Químiques i Ambientals de Barcelona (IIQAB)*, del *Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC)*, s'ha especialitzat en el desenvolupament i aplicació de mètodes quimiomètrics d'anàlisi de dades ambientals. Aquests mètodes s'utilitzen per tal de poder extreure informació ambiental útil del conjunt de dades proporcionades per l'ACA. Quan s'apliquen a variables ambientals, s'assumeix que cada valor d'una variable mesurat en una mostra concreta és degut a una suma de contribucions de fonts individuals i independents amb un origen diferent, que pot ser natural o bé antropogènic. Cadascuna d'aquestes fonts ambientals està caracteritzada per una composició química particular i es troba distribuïda entre les mostres de manera diferent. Com a resultat de l'aplicació dels mètodes quimiomètrics, s'intenten identificar els diferents tipus de fonts de contaminació, tant difosa com puntual i el seu origen en el medi.

Posteriorment a la deducció de les fonts de contaminació, es pretén realitzar una anàlisi de la distribució i afectació d'aquestes sobre el territori mitjançant la utilització de Sistemes d'Informació Geogràfica (GIS) per la creació de mapes de predicció de la contaminació. Per la creació d'aquests mapes, s'utilitzen eines geoestadístiques que es basen en mètodes matemàtics i estadístics, els quals poden ser utilitzats per crear superfícies i al mateix temps controlar la incertesa de les prediccions. El mètode geoestadístic utilitzat en aquest estudi és el *kriging*, el qual assumeix que la variació espacial d'una variable representada a localitzacions específiques és estadísticament homogènia a través d'una superfície definida.

2. Àmbit d'estudi

La zona estudiada ha estat la xarxa hidrogràfica present en tot el territori de Catalunya. L'àmbit geogràfic català es troba definit per les següents coordenades UTM projectades al fus 31N: 260500 (xmin), 527000(xmax), 4489000(ymin) i 4747500 (ymax). La superfície aproximada de Catalunya és de 32.000 km², i disposa d'una població d'uns 6 milions d'habitants. Hi existeix una activitat industrial important de la qual destaca un dels majors complexos químics i petroquímics del sud d'Europa, ubicat a Tarragona. Pel que fa a l'agricultura, és important el conreu de la vinya, també cal destacar la floricultura intensiva del Maresme, així com l'olivera a la comarca de les Garrigues, la fruita de la plana del Segrià, l'avellana i fruita seca del camp de Tarragona i l'arròs del Delta de l'Ebre, entre altres.

3. Objectius

L'objectiu fonamental del projecte és l'avaluació de la qualitat ambiental dels rius de Catalunya mitjançant l'anàlisi de les concentracions de microcontaminants orgànics i metalls pesants presents en mostres de sediments i peixos, la posterior aplicació de mètodes quimiomètrics (tractament estadístic de les dades analítiques obtingudes per tal d'extreure'n una major informació) i finalment, la combinació d'aquestes dades amb Sistemes d'Informació Geogràfica per tal d'obtenir una interpretació ambiental que relacioni les dades analítiques amb la seva distribució concreta sobre el territori.

L'avaluació de qualitat dels rius catalans es pretén assolir passant per l'adquisició d'altres objectius més concrets com són:

- Identificació de les principals fonts de contaminació que afecten la xarxa fluvial de Catalunya
- Distribució geogràfica i temporal de les principals fonts de contaminació identificades
- Relació dels usos del sòl (agrícola, industrial, urbà, zones protegides) i altres característiques del territori amb la distribució de les fonts de contaminació
- Comparació de la contribució de les diferents fonts de contaminació en els dos compartiments (sediments i biota)
- Representació d'índexs de qualitat de les aigües: ISQA, calculat a partir de paràmetres físics i BMPWC, calculat a partir de paràmetres biològics
- Delimitació sobre el territori de diferents zones en funció del grau de contaminació que presenten i de la qualitat de les seves aigües
- Delimitació i estudi de zones on cal posar una atenció especial (amb nivells més elevats de contaminants o amb una qualitat de les aigües més crítica).

4. Descripció de les dades originals

Aquest estudi es basa en el treball "Anàlisi quimiomètrica de microcontaminants orgànics i metalls en els rius de Catalunya" (Peré-Trepat E et al, 2003). Les dades han estat obtingudes a través de diversos

organismes públics. Pel que fa a la informació α -numèrica, les fonts han estat l'Agència Catalana de l'Aigua (ACA), el Departament de Química Analítica de la Universitat de Barcelona (UB) i l'Institut d'Investigacions Químiques i Ambientals de Barcelona (IIQAB) del Consell Superior d'Investigacions Científiques (CSIC). La informació gràfica ha estat cedida per l'ACA i també obtinguda de la pàgina web del Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya.

4.1. Bases de dades α -numèriques

Les dades alfanumèriques originals utilitzades en l'estudi han estat recopilades per l'ACA i facilitades en format de full de càlcul EXCEL. Corresponen al període 1998-2001 per les mostres de peixos i 1999-2001 per les mostres de sediments. Els punts de presa de mostra es troben distribuïts per tot el territori de Catalunya, amb la particularitat d'ubicar-se només en zones fluvials. Es disposa d'un total de 64 punts, els quals estan classificats en 3 grups d'acord amb el tipus de mostreig que s'hi efectua: *a) presa de mostres de sediments; b) presa de mostres de peixos i c) presa d'ambdós tipus de mostres*. Per cadascun dels punts de mostreig s'efectuen mesures tant de la concentració de metalls com de compostos orgànics. En 38 dels punts hi han estat preses mostres de sediments i en 44 de peixos (18 punts amb presa de mostra d'ambdós compartiments).

Han estat estudiades les conques dels següents rius: *Besòs* (10 punts), *Ebre* (2 punts), *Fluvià* (3 punts), *Foix* (1 punt), *Francolí* (5 punts), *Gaià* (1 punt), *Llobregat* (11 punts), *Muga* (1 punt), *Segre* (14 punts), *Ter* (13 punts) i *Tordera* (3 punts).

Els compostos orgànics analitzats han estat: (1)HCBu (hexaclorbutadiè), (2)HCB (hexaclorbenzè), (3) Σ HCH (suma d'hexaclorciclohexans), (4)o,p-DDE, (5)p,p-DDE (DDE: diclorodifenildicloretilè), (6)o,p-DDD, (7)p,p-DDD (DDD: diclorodifenildicloretilè), (8)o,p-DDT, (9)p,p-DDT (DDT: diclorodifeniltricloretilè), (10)DDX totals, (11)POC totals (carboni orgànic particulat), (12)PCB#28, (13)PCB#52, (14)PCB#101, (15)PCB#118, (16)PCB#138, (17)PCB#153, (18)PCB#180 (policlorbifenils) i (19)PCBs totals.

Els metalls analitzats han estat: (1)Ferro, (2)Manganès, (3)Crom, (4)Cadmi, (5)Coure, (6)Zinc, (7)Níquel, (8)Arsènic, (9)Plom, (10)Seleni, (11)Bari, (12)Mercuri, (13)Cobalt i (14)Molibdè.

Les dades s'han agrupat en 4 blocs abans de passar al seu tractament preliminar:

- compostos orgànics en sediments (80 mostres/files x 19 variables/columnes)
- metalls en sediments (79 mostres x 14 variables)
- compostos orgànics en peixos (102 mostres x 19 variables)
- metalls en peixos (98 mostres x 14 variables)

Les unitats en què s'expressen els paràmetres analitzats són: *ng/g de mostra humida* per als compostos orgànics en peixos, *ng/g de mostra seca* per als compostos orgànics en sediments, *μ g/g de mostra humida* per metalls en peixos i *μ g/g de mostra seca* per metalls en sediments.

També s'han adquirit dades sobre Índexs de Qualitat de les aigües, els quals permeten assignar un valor a la qualitat mitjançant la utilització d'un nombre limitat de paràmetres. Els utilitzats en l'estudi són: l'Índex Simplificat de la Qualitat de l'Aigua (ISQA) i l'Índex biològic BMWPC. El primer, utilitza paràmetres físico-químics de caire general: temperatura, matèria orgànica, matèries en suspensió, oxigen dissolt i conductivitat. Per altra banda, l'índex biològic avalua la qualitat del medi basant-se en les anàlisis dels organismes que hi viuen.

4.2. Bases de dades cartogràfiques

Per tal d'assolir els objectius plantejats en l'estudi, és necessari disposar d'una cartografia de base de la zona a estudiar, la qual permeti localitzar àrees d'interès i ubicar les diferents estacions analitzades sobre el territori. A més, també són útils dades cartogràfiques addicionals, que comportin un coneixement més ric de l'entorn al voltant dels punts de presa de mostra i permetin justificar les causes de la presència d'elevats nivells de contaminació en determinades localitzacions en funció de les característiques i usos del territori.

La cartografia utilitzada en l'estudi està en format *shapefile* (*.shp), propi del software ArcGIS (ESRI). Les capes d'informació utilitzades són: 1) xarxa hidrogràfica catalana; 2) divisió de conques hidrogràfiques segons l'ACA; 3) localització de les estacions de mostreig; 4) nuclis urbans; 5) usos del sòl; 6) zones vulnerables a nitrats i 7) Model Digital del Terreny (MDT).

4.3. Qualitat de les dades

Un cop analitzades les dades analítiques, s'evidencia una falta d'uniformitat en la metodologia de mostreig, tant pel que fa a la distribució dels punts de presa de mostra sobre el territori com al tipus de mostreig realitzat en cada punt. Degut a què no es disposa d'un recobriment homogeni de tota la xarxa fluvial catalana, no es pot dir que els resultats finals siguin representatius per tota de l'àrea d'estudi. Per aquest motiu, s'ha volgut posar més èmfasi en les metodologies utilitzades que no pas en els resultats en si, ja que una major riquesa de dades permetria afinar molt més les conclusions de l'estudi.

5. Metodologia

Un cop analitzats els trets generals del comportament de les dades (mitjançant un tractament preliminar que comprèn la representació gràfica de les variables i de les mostres en EXCEL i la representació directa de les concentracions mesurades en ArcGIS), es procedeix a la transferència d'aquestes al software MATLAB (Eigenvector). MATLAB és un entorn de programació, anàlisi numèrica i visualització de les dades.

El procediment quimiomètric aplicat a les dades de l'estudi és el PCA (*Principal Components Analysis*) (Jolliffe I T, 1986), mètode que a partir de la combinació lineal de les variables originals, dedueix un nou conjunt de variables ortogonals no relacionades que permeten el càlcul d'uns nous eixos de representació de dades sobre els quals s'expressa el màxim de la variància explicada de les

dades en ordre decreixent. Així, del conjunt total de dades originals, se n'extreuen aquelles que aporten una informació rellevant per l'explicació de la contaminació en els rius de Catalunya.

Mitjançant el PCA s'obté: a) *Identificació de les principals fonts de contaminació (loadings)* i b) *Distribució de les principals fonts de contaminació (scores)*. Els *loadings* identifiquen les variables per les quals es troba definida la font de contaminació en major o menor proporció, i els *scores* indiquen la seva distribució sobre el territori.

Posteriorment, es transfereixen els valors dels *scores* resultants de l'anàlisi a una *geodatabase* ACCESS per tal de ser incorporats dins el software ArcGIS on, mitjançant l'extensió **Geostatistical Analyst**, es procedeix a l'elaboració de mapes de predicció (Johnston K et al, 2001).

L'eina *Geostatistical Analyst* utilitza els valors de les mostres preses a diferents localitzacions del territori i crea (interpol·la) una superfície contínua. En aquest estudi, s'ha utilitzat el mètode geoestadístic **Kriging** (Goovaerts P, 1997). Aquesta operació consta de dues tasques principals: a) *quantificació de l'estructura espacial de les dades* i b) *creació de la predicció* (valors desconeguts). Es segueixen els següents passos:

- 1- **Càlcul del semivariograma empíric:** aquest mètode assumeix que les coses que es troben més pròximes en l'espai s'assemblen més que aquelles que es troben més separades. És un component essencial del *kriging* que s'utilitza per explorar la relació entre les dades.
- 2- **Seguiment d'un model:** es defineix una línia que proporciona la millor tendència per al núvol de punts, o sigui el model que segueixen les dades. Cal trobar una línia en què la diferència al quadrat entre cada punt i aquesta sigui el més petita possible. És coneix com els mínims quadrats.
- 3- **Creació de matrius:** les equacions per al *kriging* ordinari es troben contingudes en matrius i vectors que depenen de l'autocorrelació espacial entre els valors de les localitzacions mesurades i les predites. Els valors d'autocorrelació provenen del model del semivariograma descrit anteriorment. Les matrius i vectors determinen els pesos per al *kriging* que s'assignen a cada valor mesurat.
- 4- **Predicció:** a partir dels pesos que es donen als diferents punts mesurats, es calcula una predicció per aquelles localitzacions de les quals no es coneixen els valors.

Abans de generar la superfície final, cal tenir una idea de com de bona és la predicció a la que s'ha arribat (com de bé el model prediu el valor de les localitzacions no mesurades). El mètode de *Validació creuada (Cross-validation)* utilitza totes les dades per tal d'estimar el model d'autocorrelació. Després treu cada punt, un a un, i torna a calcular el seu valor. Per tots els punts, la valoració creuada compara el valor mesurat i el predit. Al final s'obté un resum estadístic amb els errors de predicció realitzats en l'operació, els quals poden ser utilitzats a mode de diagnòstic. Interessa aconseguir la situació: *standardized mean prediction error* proper a zero, *root-mean-square prediction error* i *average standard error* amb valors petits i *standardized root-mean-square prediction error* proper a 1.

En el cas d'aquest estudi, cal tenir en compte que els valors originals són vàlids només per zones fluvials, i que fora d'aquestes els nivells de contaminació poden seguir comportaments diferents.

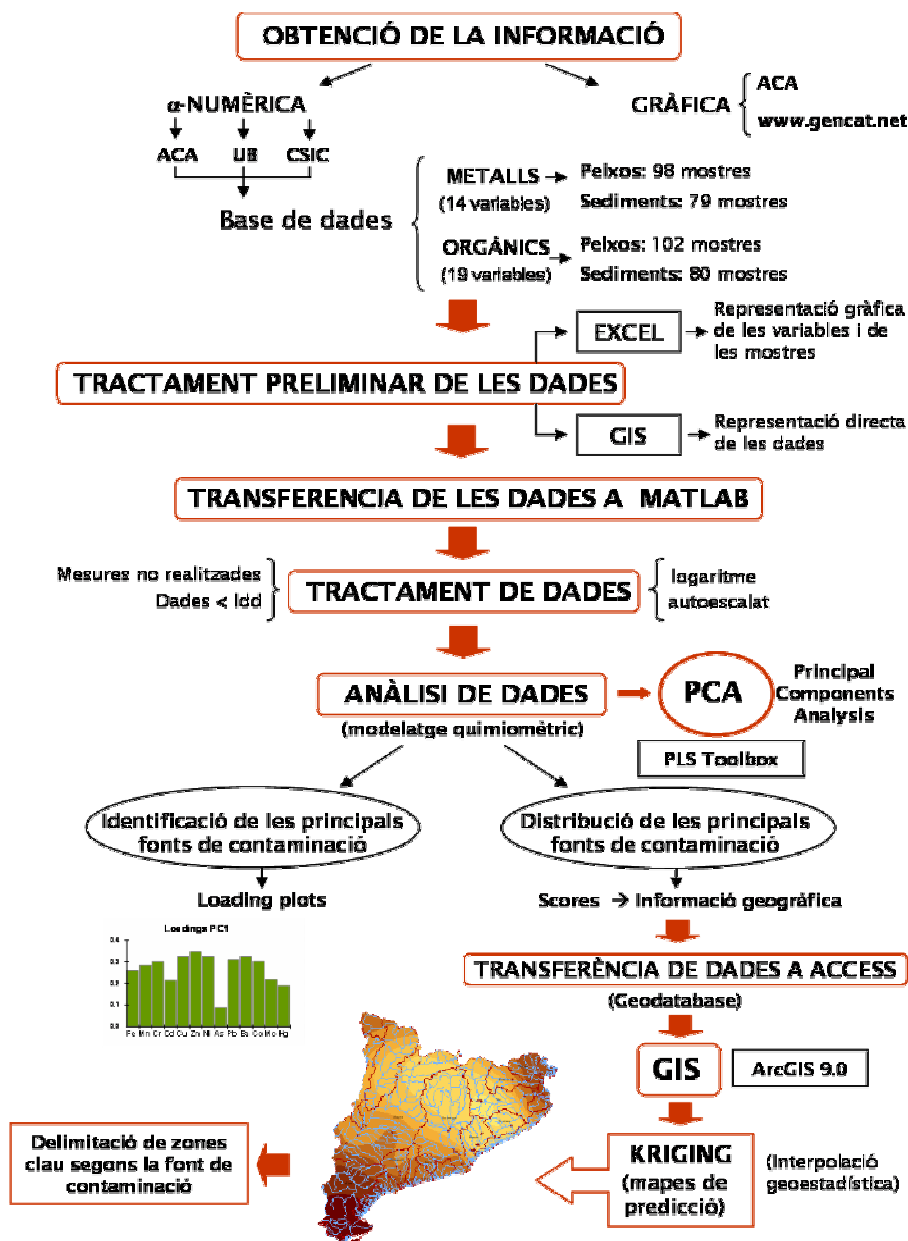


Figura 1: Esquema metodològic

6. Eines utilitzades

a) Equip i recursos

- Pentium 4; CPU 3.00 GHz; 1.00 GB RAM. Sistema operatiu: Windows XP. Connexió a Internet
- Impressora HP Deskjet 6500 Series
- Recursos:

ACA → Facilitació de dades inicials: localització de punts de mostreig, mesures de contaminació i cartografia de referència.

CSIC → Cessió de l'equipament necessari, seguiment del projecte, facilitació de dades quimiomètriques i facilitació i aprenentatge del software MATLAB.

UB → Facilitació del software ArcGIS 9.0.

b)Tecnologia

- *ArcGIS 9.0* (ArcMap, ArcCatalog); 2005. ESRI, Redlands, CA, USA
- *Microsoft Access* 2002. Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA
- *Microsoft Excel* 2002. Microsoft Corporation, Redmond, WA, USA
- *Matlab 7.0*; 2004. The Mathworks, MA, USA
- *PLS Toolbox 3.5*. Eigenvector Research, Wenatchee, WA, USA
- *Surfer 8.0*; 2002. Golden Software, CO, USA → El software *Surfer* es va utilitzar a l'inici del projecte per realitzar les operacions d'interpolació. Aquest software treballa amb *grids* [.GRD], xarxes regulars i rectangulars de valors dins els quals no poden haver-hi buits. Això comportava una pèrdua de temps considerable, ja que les dades havien de ser convertides a aquest format per al seu tractament i posteriorment ser exportades a *ArcMap* per tal de continuar l'anàlisi. Finalment, es va decidir utilitzar *ArcMap* en la realització del *kriging*, ja que té l'avantatge de realitzar totes les operacions dins un mateix entorn, a més de permetre conèixer l'error associat al model predit.

7. Resultats¹

Els resultats de les dades analitzades, es desglossen en 3 apartats diferents: 1) *Deducció de les fonts de contaminació*; 2) *Mapes de predicció* i 3) *Delimitació de zones segons grau i tipus de contaminació que presenten*. Cadascun d'aquests apartats està estructurat en 4 blocs: a) metalls en sediments; b) metalls en peixos; c) compostos orgànics en sediments i d) compostos orgànics en peixos.

7.1. Deducció de les fonts de contaminació

a) Metalls en sediments- Es dedueixen 2 fonts de contaminació principals, PC1, que defineix una font general de contaminació per metalls i explica un 47.60% de la variabilitat de les dades i PC2, font que indica una contaminació més específica per As i Cd i que explica un 13.79% de variabilitat.

b) Metalls en peixos- Es dedueixen 4 fonts de contaminació principals, PC1, que es caracteritza per una elevada contribució de Ba, Mn, Fe i Cd i que explica un 22.74% de la variabilitat de les dades; PC2, que defineix una font de contaminació per Cu, Cr i Ni i una altra per As i Se, les quals expliquen un 16.60% de la variabilitat; PC3, que defineix una font amb Zn i As i una altra amb Co, que expliquen un 15.24% de variabilitat i PC4, que defineix una font més específica amb Ni i Se que explica un 11.57% de variabilitat.

c) Compostos orgànics en sediments- Es dedueixen 2 fonts de contaminació principals, PC1, que defineix una contaminació general per compostos orgànics i que explica un 54.34% de la variabilitat de

¹ Per brevetat els mapes de predicció no es presenten en el resum però es poden consultar en el document de la memòria

les dades i PC2, que distingeix 2 tipus de fonts de contaminació orgànica diferents, una caracteritzada per la presència de PCBs i l'altra amb la resta de compostos orgànics analitzats en l'estudi. Aquesta segona font de contaminació explica un 15.67% de la variabilitat de les dades.

d) Compostos orgànics en peixos- Es dedueixen 2 fonts de contaminació principals (com en el cas dels sediments), una de general que explica un 63.13% de la variabilitat de les dades i una altra que separa els PCBs de la resta de compostos orgànics i que explica un 13.46% de la variabilitat.

7.2. Mapes de predicció

a) Metalls en sediments- La primera font descriu una contaminació general i difosa probablement d'origen mixt (natural i antropogènic) que presenta els seus valors més elevats a la desembocadura del riu Besòs. La segona font es localitza a la conca del riu Ter (zona de Manlleu i Les Masies de Roda). També tenen contribució de la segona font la desembocadura del riu Besòs, la conca del riu Foix, la part baixa del riu Ebre i una zona per sota del cap de Creus.

b) Metalls en peixos- Els metalls que defineixen la primera font de contaminació no indiquen necessàriament una font de contaminació antropogènica. L'únic que es podria relacionar amb l'activitat humana seria del Cd (Camusso M et al, 2002). El Fe i el Mn gairebé en tots els casos es consideren components d'origen natural (Landajo A et al, 2004). Es troba present, sobretot, a la conca del riu Tordera i una part del Besòs. La segona font de contaminació afecta sobretot la conca del riu Tordera i Rieres del Maresme. Tot i això, la zona en qüestió no conté cap punt de mostreig i per tant, es considera poc fiable. El mapa de predicció generat per la tercera font de contaminació indica, per una banda, un nivell elevat d'As i Zn a la desembocadura del riu Llobregat, conca del Foix, Gaià i Francolí. El Zn és un component que té un origen clarament industrial (Landajo A et al, 2004), i tot i que l'As pot ser d'origen natural, la seva aportació també pot ser antropogènica. Els nivells més elevats de Co es localitzen a les conques dels rius Noguera Pallaresa i Ribagorçana. Aquest element s'associa a contribucions d'origen natural. La quarta font de contaminació indica la presència de Ni i Se a les conques dels rius Noguera Pallaresa i Ribagorçana i una part del Segre. Aquesta font no sembla anar associada a l'activitat humana ja que no es troba present en aquelles zones més antropitzades.

c) Compostos orgànics en sediments- La primera font de contaminació es distribueix al voltant de les conques del Besòs i el Llobregat, a la conca del riu Ter (Manlleu i Les Masies de Roda) i zona del riu Ebre en el seu pas per Flix. La segona font de contaminació mostra nivells alts de PCBs a la conca del riu Ter i una presència elevada de la resta de compostos orgànics a la zona del Delta de l'Ebre.

d) Compostos orgànics en peixos- La primera font de contaminació es troba concentrada sobretot a la part sud del territori català. La zona de màxima contaminació per compostos orgànics és la conca del riu Ebre, però també és important la zona al voltant de Tarragona. La segona font de contaminació

mostra nivells elevats de PCBs a les conques dels rius Tordera i Ter, mentre que els DDX i POCs són més importants en mostres capturades al riu Ebre (Flix), riu Gaià i les conques dels rius Noguera Ribagorçana i Pallaresa.

7.3. Delimitació de zones segons el grau i tipus de contaminació

S'han delimitat aquelles zones del territori amb un grau més alt de contaminació per metalls d'una banda i per compostos orgànics de l'altra. A arrel d'això, s'obtenen diferents zones afectades per un tipus de contaminació específica. Per tal d'interpretar les causes d'aquesta contaminació caldrà estudiar quins usos i activitats es donen dins aquestes àrees, els quals poden ser responsables dels resultats obtinguts en l'anàlisi químic o bé trobar-se afectats per ells.

8. Conclusions

Mitjançant aquest estudi s'han investigat les principals fonts de contaminació de metalls pesants i compostos orgànics que afecten als rius de Catalunya (a partir de mostres de sediments i peixos). Pel que fa a la contaminació de metalls, no s'han aconseguit diferenciar fonts de contaminació clares, ja que, en molts casos, aquests elements tenen un origen natural i, per tant, faria falta conèixer bé la composició química dels sòls per on passen els cursos fluvials per tal de poder dir de quin tipus de contaminació es tracta. Només en el cas de sòls amb una activitat agrícola important, la presència elevada de Zn o Cu s'ha relacionat amb un tipus de contaminació agrícola difosa. Pel que fa a sòls intensament industrialitzats, la presència de metalls com Cu, Cd, Hg, Pb o Zn, també podria corroborar una contaminació de tipus antropogènic, sobretot si aquests elements apareixen correlacionats.

Per altra banda, quan es parla de contaminants de tipus orgànic, es diferencien dues fonts de contaminació clares en els dos compartiments (sediments i peixos). La primera indica una contaminació orgànica de tipus general. Aquesta és clarament antropogènica, ja que d'aquests compostos no n'hi ha cap que tingui un origen natural. En aquest cas, seria interessant veure si els contaminants provenen de la indústria, l'agricultura o altres activitats. Pel que fa a la segona font de contaminació de compostos orgànics, aquesta separa els compostos en 2 grups: un format pels PCBs i l'altre per la resta de compostos orgànics (HCBu, HCB, HCHs, DDTs i POCs).

S'han delimitat 5 zones clau de contaminació elevada en funció de paràmetres físics i químics. Aquestes zones són: 1) *Conques dels rius Besòs i Llobregat*, 2) *Zona al voltant de Tarragona*, 3) *Part baixa del riu Ebre*, 4) *Curs mitjà del riu Ter* i 5) *Desembocadura del riu Muga* (veure figura 2).

9. Propostes de futur

De cara a un futur es recomana reforçar les preses de mostra en aquelles àrees del territori que han estat delimitades com a més vulnerables a la contaminació pel fet de trobar-se properes a activitats potencialment contaminants. D'aquesta manera, es podria dur a terme un control més exhaustiu sobre la contaminació per metalls pesants i compostos orgànics periòdicament en les zones que realment ho

necessiten i mostrejar la resta de territori a intervals de temps majors únicament a mode de seguiment i control.

Un cop dut a terme el control i caracterització de les zones contaminades caldrà aplicar mesures correctores que mitiguin els impactes de la contaminació. Tal com s'ha pogut constatar a partir d'aquest estudi, moltes d'aquestes mesures hauran d'anar dirigides a la indústria (compostos químics que es poden usar, depuració d'aigües residuals...) i a l'agricultura (tipus de fertilitzants, plaguicides...).

ZONA	METALLS	COMP. ORGÀNICS	ISQA	BMWPC	USOS	CAUSA
CONQUES BESÒS I LLOBREGAT	↑ Contaminació general ↑ Zn i Cu agricultura	↑ Contaminació general	< 60 unitats ↓↓↓	Classe V: Aigües molt contaminades	↑↑ Ús industrial i residencial Ús agrícola	Efluentes de l'àrea de Barcelona (zona més densament poblada de Catalunya). També indústria i agricultura (conreus herbacis)
VOLTANT ÀREA DE TARRAGONA	↑ As i Zn	Contaminació general	≈	Classe III: aigües parcialment eutrofitzades i amb signes de contaminació	Ús agrícola amb un % molt elevat	Indústria: complex químic i petroquímic molt important (moltes indústries químiques, una gran refinera petrolera i una incineradora de residus perillosos) Agricultura (fruiters i vinya)
PART BAIXA RIU EBRE	Es parla d'episodis puntuals de Hg però no detectat en aquest estudi	↑↑↑ Contaminació general	↓	Classe III: aigües parcialment eutrofitzades i amb signes de contaminació	↑ Industrial ↑ Agrícola	Indústria: electroquímica Erkimia (Flix), paperera Celulosas de Levante (Tortosa), indústria de colorants (Móra d'Ebre) Agricultura: pesticides organoclorats (cultiu arròs)
CURS MITJÀ RIU TER	As, Zn, Cd	↑ Contaminació general destaquen PCBs	↓	Classe IV: aigües parcialment contaminades	↑ Agrícola i ramader ↑↑ Zones vulnerables a nitrats	Activitat agrària
DESEMBOCADURA RIU MUGA		Contaminació per DDTs, POCs, HCB i HCBu	↓	Classe IV: aigües parcialment contaminades		Agricultura

 Paràmetre rellevant per a la caracterització de l'espai com a zona clau de contaminació

Figura 2: Característiques de les zones clau per contaminació de metalls i compostos orgànics a Catalunya

10. Referències

- Camusso M, Galassi S, Vignati D (2002). Assessment of river Po sediment quality by micropollutant analysis. Elsevier Science Ltd.
- Goovaerts P (1997). Geostatistics for natural resources evaluation. Oxford University Press.
- Johnston K, Ver Hoef J, Krivoruchko K, Lucas N (2001). Using ArcGIS Geostatistical Analyst. New York. Environmental Systems Research Institute.
- Jolliffe I T (1986). Principal Component Analysis. Springer, New York.
- Landajo A, Arana G, de Diego A, Etxebarria N, Zuloaga O, Amouroux D (2004). Analysis of heavy metal distribution in superficial estuarine sediments (estuary of Bilbao, Basque Country) by open-focused microwave-assisted extraction and ICP-OES. Elsevier Ltd.
- Peré-Trepal E, Tauler R (2003). Anàlisi quimiomètrica de microcontaminants orgànics i metalls en els rius de Catalunya. Departament de Química Analítica, Universitat de Barcelona.