



Congreso Nacional del Medio Ambiente
Cumbre del Desarrollo Sostenible

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Riesgos de los fangos acumulados en el embalse de Flix en el tramo bajo del Río Ebro

Autor: Joan O. Grimalt

Institución: Departamento de Química Ambiental. Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua (IDÆA). Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)
E-mail: joan.grimalt@idaea.csic.es



RESUMEN:

El Embalse de Flix retiene una gran cantidad de lodos contaminados provenientes de los vertidos de una planta cloroálcali. En agosto de 2005, el Consejo de Ministros autorizó la suscripción de un Convenio de colaboración entre el Ministerio de Medio Ambiente, la Generalitat de Cataluña y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas que tenía como objetivo principal el análisis de los riesgos de que una contaminación procedente de los lodos contaminados de Flix pudiera transmitirse tanto al agua como a los ecosistemas en el tramo bajo del río Ebro.

El convenio ha permitido realizar una serie de estudios e investigaciones y en las que, en total, han participado unos 100 investigadores provenientes de más de una docena de instituciones (cuatro institutos distintos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, tres centros del Instituto de Investigación y Tecnología Agroalimentarias, las Universidades de Barcelona, Autónoma de Barcelona, de Girona, de Lleida, Rovira i Virgili y Politécnica de Cataluña y el Grupo de Natura Freixe). La descripción de los trabajos y de los principales resultados obtenidos se han recogido en más de 60 informes y una docena de tesis doctorales.

La conclusión general de los estudios es que la calidad de las aguas entre el embalse de Flix y la desembocadura del Ebro se mantiene en buenas condiciones y cumple todas las normativas legales, principalmente para abastecimientos. También se ha confirmado que no existe riesgo para la salud de la población ya que el impacto de los fangos contaminados, al diluirse y de los metales pesados detectados, es muy bajo y no afecta ni al agua, ni a los productos agrícolas. De todas formas, los estudios también reiteran que existe un problema medioambiental en la zona y destacan la presencia de organoclorados en la biota analizada.

Esta situación recomienda la retirada de los fangos del embalse como mejor opción para eliminar el riesgo que suponen los residuos y para mejorar de forma muy significativa la calidad ambiental del río aguas abajo del embalse. La retirada de estos fangos también permite eliminar el riesgo futuro de una movilización accidental de una parte de ellos y de los efectos catastróficos que se derivarían de ello. En el verano de 2008 ha comenzado la retirada de los lodos contaminados. Esta actuación está siendo llevada a cabo por la Sociedad estatal ACUAMED y supone una inversión total de unos doscientos millones de euros.



INTRODUCCIÓN

La noticia de la contaminación debido al vertido de los residuos industriales en el embalse de Flix causó un fuerte impacto en la opinión pública, especialmente entre los habitantes de Flix. Afortunadamente, a pesar de la sorpresa inicial, las tres administraciones con capacidad para actuar sobre el problema, el Ministerio de Medio Ambiente (usualmente representado por la Confederación Hidrográfica del Ebro -CHE), el Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Catalunya y el Ayuntamiento de Flix reaccionaron rápidamente al reto. Después de una evaluación de los datos y discusión con la comunidad científica todas llegaron a la conclusión de que la mejor solución era quitar los fangos acumulados en el pantano y depositarlo en un sitio seguro. Además, se decidió llevar a cabo un estudio para evaluar cuál era el impacto río abajo de los materiales vertidos.

Se planteó

- 1) Medir el estado de la contaminación en las redes tróficas debido a los fangos vertidos en el embalse de Flix (alimentos cosechados en las zonas situadas bajo la influencia de las aguas del río)
- 2) Evaluar los riesgos río abajo de la movilización de fangos ante incrementos de caudal

De acuerdo con la importancia de estos objetivos, el Ministerio de Medio Ambiente y la Generalitat de Catalunya impulsaron un proyecto de evaluación de los riesgos debidos a los fangos contaminados. Este estudio se llamó MOBITROF, unas siglas que se refieren a “movilización de contaminantes a través de las cadenas tróficas” que constituye un aspecto central del proyecto.

El proyecto elaborado para abordar este objetivo era ambicioso, con un coste total de 2.3 millones de euros y fue subvencionado en un 70% por el Ministerio de Medio Ambiente y en un 30% por la Agencia Catalana del Agua en representación de la Generalitat de Catalunya. En él participó un gran grupo de investigadores, la mayoría pertenecientes a Universidades y Organismos Públicos de Investigación (Tabla 1). Este proyecto ha representado uno de los esfuerzos mayores de investigación en temas medio ambientales llevados a cabo en Catalunya. El equipo final comprendió unos 100 investigadores y estaba constituido por un equipo altamente interdisciplinar.

ANTECEDENTES

Los resultados de un proyecto previo financiado por la CIRIT (Comisión Interdepartamental de Investigación y Tecnología de la Generalitat de Catalunya) y la Agencia Catalana del Agua titulado *Estudio de la dinámica de los compuestos organoclorados persistentes y otros contaminantes en los sistemas acuáticos continentales* llevado a cabo por un equipo de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, la Universidad Autónoma de Barcelona y la Universidad de Barcelona mostraron que se habían vertido cerca de 200.000-360.000 toneladas de fangos en el pantano de Flix. Este fango tenía una composición diversa, fundamentalmente cantidades significativas de ^{210}Pb , ^{226}Ra , ^{238}U y otros radionúclidos de la cadena de descomposición del ^{238}U , concentraciones altas de metales pesados, tales



como mercurio, cadmio, cromo y níquel, y compuestos organoclorados como hexaclorobenceno, policlorobifenilos, 4,4'-DDE y 4,4'-DDT.

Estas concentraciones altas de contaminantes mostraron un nivel fuerte de contaminación local y un riesgo elevado para el tramo de río situado entre esta sección y la desembocadura, incluyendo el delta (donde los canales de riego pueden distribuir los contaminantes), el medio marino y los alrededores del delta (prodelta, bahías....).

Tabla 1. Equipos de trabajo que participaron en el estudio MOBITROF

Departamento de Química Ambiental. Instituto de Diagnóstico Ambiental y Estudios del Agua. Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Instituto de Ciencias del Mar. Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Centro de Estudios Avanzados de Blanes. Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Instituto de Biología Molecular de Barcelona. Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Instituto de Ciencia y Tecnología Ambiental. Universidad Autónoma de Barcelona
Departamento de Arboricultura Mediterránea. Centro Mas Bové. Instituto de Investigación y Tecnologías Agroalimentarias
Unidad de Ecosistemas Acuáticos. Centro de Acuicultura. Instituto de Investigación y Tecnologías Agroalimentarias
Unidad de Seguimiento del Medio. Centro de Acuicultura. Instituto de Investigación y Tecnologías Agroalimentarias
Laboratorio de Toxicología y Salud Ambiental. Universidad Rovira i Virgili
Instituto de Ecología Acuática. Universidad de Girona
Centro Tecnológico de Manresa. Universidad Politécnica de Catalunya
Laboratorio de Toxicología Ambiental. Universidad Politécnica de Catalunya
Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo. Universidad de Lleida
Departamento de Biología Animal. Universidad de Barcelona
Grupo de Natura Freixe

Estos residuos están situados bajo el estrés de las aguas del Ebro que tienden a empujarlos agua abajo. Afortunadamente, los materiales resisten estas corrientes de arrastre. Además, muchos de los contaminantes mencionados anteriormente son insolubles en agua y ello constituye una dificultad adicional para su transporte fuera del pantano.

En la actualidad, los residuos de las fosforitas generados como consecuencia de las actividades de la fábrica se almacenan en un vertedero situado fuera de la influencia del río. Además, los policlorobifenilos y el DDT ya no se producen en la fábrica. Así, el problema ambiental actual está enfocado predominantemente en la posible evolución de del fango contaminado que se acumuló en el pasado y que se encuentra bajo la presión de las aguas del río,

La situación de estos residuos en el pantano de Flix no es semejante a lo comúnmente observado en otros casos de pantanos que contengan sedimentos contaminados en el fondo. En este caso, la cubeta del pantano no puede almacenar agua, está diseñada para retenerla para asegurar un flujo adecuado a un salto de agua para una planta hidroeléctrica. La velocidad del agua disminuye en el pantano pero no demasiado porque el río no se ensancha lo suficiente en este lugar. La masa de fango vertida en el margen



derecho del río emerge parcialmente a la superficie. De este modo interrumpe el paso del agua que la tiende a erosionar y empujar río abajo.

En resumen, el problema de contaminación generado por esta masa de residuos tiene dos aspectos. Uno, el riesgo de una posible movilización y contaminación de una parte significativa del río entre el pantano y la boca. Dos, la contaminación crónica río abajo como consecuencia de pequeñas fugas de materiales provenientes de la masa de residuos.

A este respecto, basándose en el análisis de los sedimentos, el estudio de la CIRIT-ACA mostró que existe un impacto en el río. Además, también hay algunos estudios previos, sea publicados en la literatura científica o trabajos de monitoreo financiado por la ACA y la CHE, en que se observó algún impacto de estos contaminantes río abajo. Además, se conocen episodios de contaminación aguda relacionados con algunos de estos contaminantes, como el de la alta mortalidad de peces en la zona de Ascó en Diciembre de 2001 que ocurrió conjuntamente con niveles muy altos de mercurio. Este episodio todavía no se ha explicado satisfactoriamente.

La insolubilidad de los contaminantes vertidos en el pantano de Flix no es suficiente como para evitar alguna solubilización y transporte río abajo, fundamentalmente en lo que se refiere a los contaminantes organoclorados. Se tiene que indicar que el material disuelto comprende dos partes, las sustancias verdaderamente disueltas y las asociadas a coloides. El transporte debido a la erosión y a la resuspensión de partículas provenientes de los fangos depositados a flujo alto del río es una fuente adicional de contaminantes río abajo. El carácter hidrofóbico de los compuestos contaminantes da lugar a que se absorban preferentemente a los materiales ricos en material orgánica o que se bioacumulen en organismos que se encuentran aguas abajo.

OBJETIVO GENERAL

El principal objetivo del proyecto MOBITROF fue el estudio de los mecanismos por los que se pueden movilizar los contaminantes almacenados en los fangos del pantano de Flix, fundamentalmente los radionúclidos mencionados anteriormente, metales pesados y compuestos organoclorados, y si procesos de transporte han dado lugar a la acumulación de éstos en algunos organismos (sean vegetales o animales) presentes en los ecosistemas del lecho principal o del delta. Además, el proyecto estaba destinado a conocer los efectos de estos contaminantes en los organismos que viven en el río y en el pantano de Flix y al esclarecimiento de los riesgos para los habitantes de las comarcas que se encuentran bajo la influencia de las aguas del río Ebro.

Las diferentes matrices ambientales disponibles en el río y su zona de influencia proporcionan diversas dimensiones temporales del impacto de la contaminación. El estudio de la misma agua (tanto la fase disuelta como el material particulado) proporciona información sobre los episodios de contaminación a corto plazo y sobre los flujos de contaminantes transportados río abajo a diferentes caudales del río. El estudio de los organismos de vida corta, por ejemplo los filtradores como por ejemplo el mejillón cebra o algunos peces, indica cuál es la eficacia en la transferencia de contaminantes en el pasado reciente (últimos años). El estudio de sedimentos, suelos y plantas superiores puede mostrar cuál es el impacto de contaminación resultante como consecuencia de las actividades desarrolladas en el pantano.



En relación a las plantas superiores, el proyecto dedicó especial atención a las de origen agrícola. Evidentemente estas plantas se renuevan con cada cosecha. Sin embargo, son importantes para las actividades económicas de las áreas situadas alrededor del río.

Con este propósito se abordaron los siguientes objetivos específicos:

- 1.- Estudio de la distribución de radionúclidos, metales pesados y compuestos organoclorados en la cadena trófica del pantano de Flix.
- 2.- Estudio del transporte de radionúclidos, metales pesados y compuestos organoclorados río abajo en diferentes lugares entre Ascó y la desembocadura.
- 3.- Estudio del grado de acumulación de estos contaminantes en mejillones cebra (*Dreissena polymorpha*) y efemerópteros del género *Ephoron* que se encuentran en el río entre Ribarroja y la desembocadura.
- 4.- Estudio de la dinámica de las principales poblaciones de peces en el río, que comprenden alburnos (*Alburnus alburnus*), carpas (*Cyprinus carpio*), black-bass (*Micropterus salmoides*), zander (*Sander lucioperca*) y siluros (*Silurus glanis*), y los patrones de acumulación de los contaminantes mencionados anteriormente en estas especies.
- 5.- Estudio de los niveles de concentración de estos contaminantes en suelos de granjas y sus productos entre Ribarroja y la desembocadura.
- 6.- Estudio de los niveles de concentración de estos contaminantes en la cadena trófica de los campos de arroz dentro del ciclo anual completo.
- 7.- Estudio de la distribución de estos contaminantes en sedimentos y organismos filtradores en la Bahía dels Alfacs.
- 8.- Estudio del impacto de todos estos contaminantes en los pájaros que habitan en el río y en el delta.
- 9.- Estudio de los cambios hormonales y enzimáticos generados en los organismos acuáticos (peces, crustáceos, y otros) y en los pájaros que habitan en el río debido a los contaminantes mencionados anteriormente.
- 10.- Estudio de los riesgos ambientales asociados a estos contaminantes.
- 11.- Estudio del posible impacto de esta contaminación industrial y de los procesos de transporte asociados en la población que vive en las comarcas que se encuentran bajo la influencia del río Ebro.

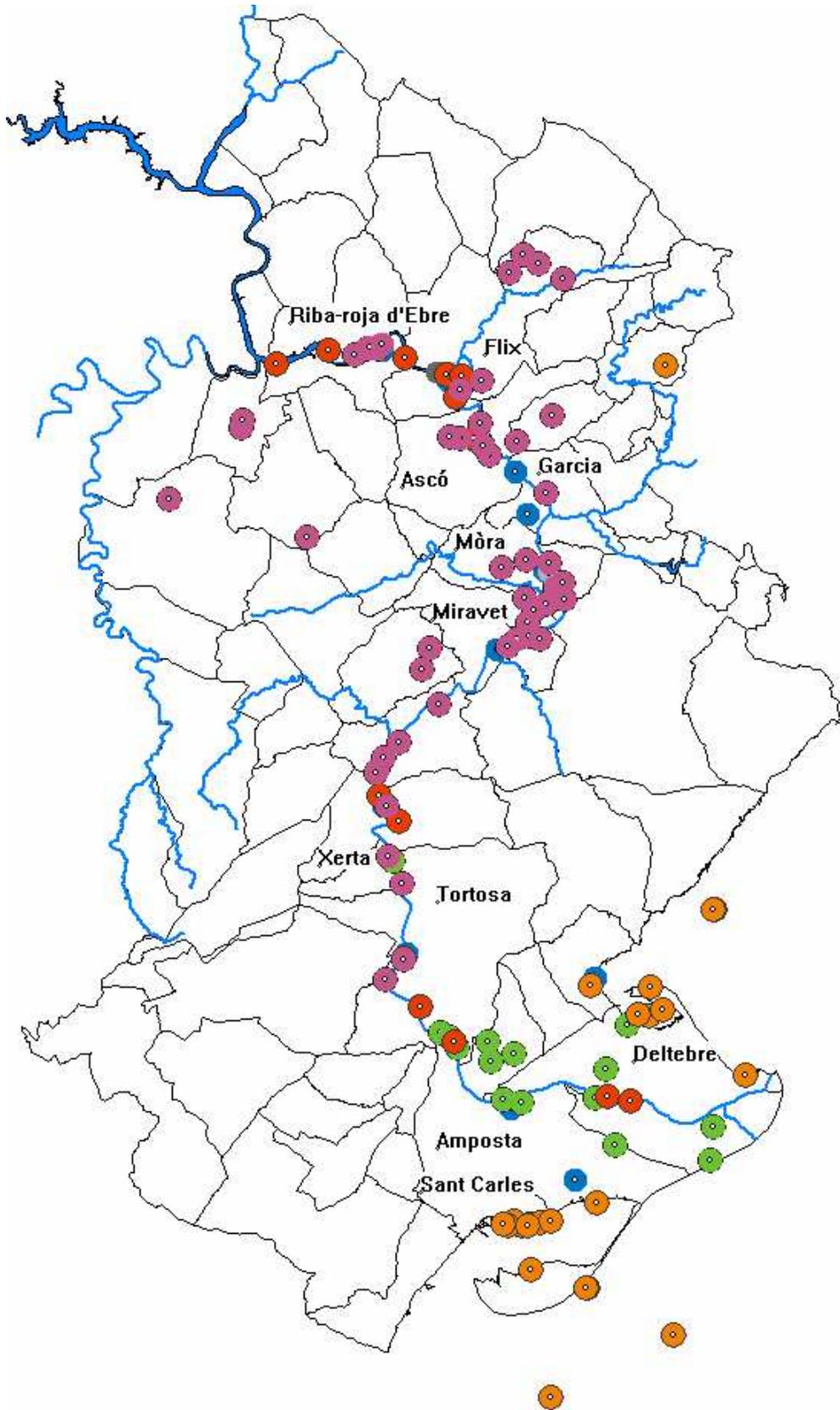


Figura 1. Estaciones de muestreo para los diferentes organismos (pájaros, peces, moluscos, invertebrados,) que se han estudiado en la sección baja del río Ebro (cortesía del Centro Tecnológico de Manresa; Universidad Politécnica de Catalunya) a partir de la información proporcionada por todos los grupos que participan en el proyecto.



DESARROLLO DEL PROYECTO

El proyecto se empezó a desarrollar en Diciembre de 2005. Primero se implementó un modelo de los organismos diana y los compartimentos ambientales. Basándose en este modelo conceptual, se programaron diversos estudios y se organizó un calendario de desarrollo. Durante este periodo, se han desarrollado 11 subproyectos principales para contestar a las cuestiones mencionadas anteriormente.

Así, se instalaron trípodes instrumentados en el pantano de Flix, cerca de la isla de Gracia y en la desembocadura para la medida de parámetros como la salinidad, temperatura y turbidez que permiten conocer las propiedades instantáneas del agua. Estos trípodes se desplegaron conjuntamente con trampas de sedimentos que permiten la medida de las concentraciones de mercurio y otros contaminantes a lo largo del tiempo y correlacionar esta información con la dinámica fluvial (a flujo alto o bajo).

Paralelamente, se llevaron a cabo muestreos mensuales de las aguas desde el puente de Móra d'Ebre y se realizaron muestreos intensivos adicionales durante cuatro periodos de crecida del río. En dichas muestras se analizaron radionúclidos, compuestos organoclorados y metales pesados. Este estudio se complementó con los análisis del registro histórico de filtros de agua obtenido por la Universidad de Lleida entre Diciembre de 2002 y Junio de 2004.

El estudio de los organismos se llevó a cabo a partir de los análisis de peces recogidos en diferentes secciones de los ríos y canales de riego. Se recogieron siluros en todos los puntos. También se estudiaron peces del pantano de Flix (siluros y carpas). En este ecosistema se recogieron diversos organismos de la cadena trófica para comprender cuáles son las principales vías de transporte de estos contaminantes que dan lugar a su acumulación en los organismos superiores. Los diferentes puntos de muestreo de organismos (pájaros, peces, moluscos, invertebrados) en que han trabajado los grupos de investigación mencionados anteriormente se indican en la Figura 1.

Se ha dedicado mucha atención a los pájaros, dada su calidad de organismos superiores. Se estudiaron los que viven en la reserva de Sebes y en el Delta. Como referencia, se incluyeron los que están en el Aiguabarreig. En estos pájaros y en los peces se estudiaron diferentes indicadores de estrés por la exposición a contaminantes. Ello ha permitido reconocer si estos organismos padecen alguna patología relacionada con estos compuestos incluso en casos en que sus concentraciones fuesen bajas en las aguas del río. Estos biomarcadores y los indicadores de estrés son los mejores para identificar el impacto de dichos contaminantes y permiten evaluar el riesgo ambiental.

Para comprender si las aguas del río tienen un efecto negativo sobre las zonas de riego, se muestrearon suelos y los productos obtenidos en ellos en la zona cercana al río y en el delta donde se estudiaba la cadena trófica en los campos de arroz en detalle. Además se incrementó la información disponible sobre los moluscos que viven en las áreas costeras y los peces del agua de mar situada cerca del delta. Además, se ha desarrollado un estudio de exposición de los habitantes que viven en los pueblos y ciudades situados cerca del río entre el pantano de Flix y la desembocadura.

ALGUNOS RESULTADOS

Los incrementos de caudal pueden generar resuspensiones de fangos y transporte de sedimento río abajo. Para evaluar los efectos de los incrementos de flujo en el transporte aguas abajo del pantano de Flix se recogieron muestras de agua representativas de toda la columna de agua entre Abril de 2006 y Junio de 2007 con un muestreador US DH74 suspendido de un cable. Durante este tiempo se produjeron cuatro episodios de incremento de caudal a flujos diferentes. Las muestras se filtraron con microfiltros de fibra de vidrio GF/F. La fase disuelta se obtuvo con extracción en fase sólida con discos C₁₈. Las muestras recogidas correspondieron a caudales entre 130 y 1900 m³/s. Se obtuvieron medidas de caudal en estaciones de control mediante hidrógrafos.

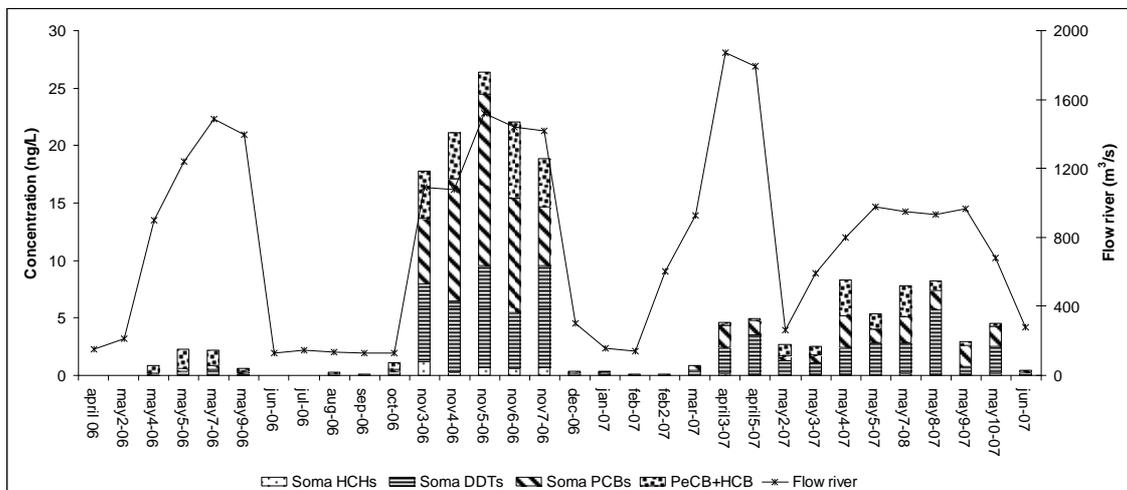


Figure 2: Temporal variation of OCs and PCBs in Ebro river.

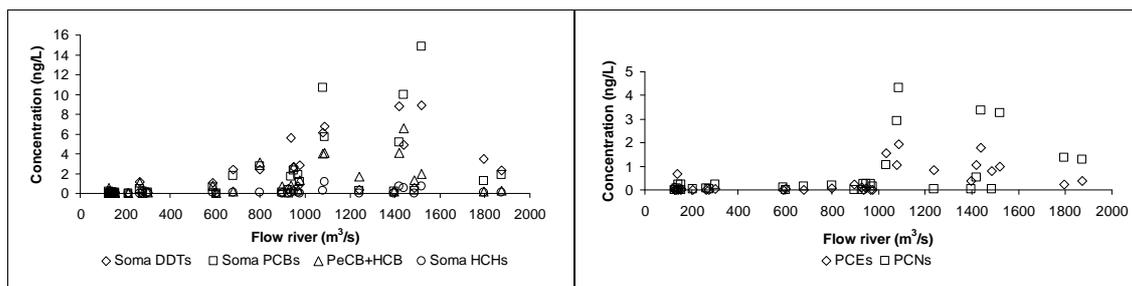


Figure 3: Influencia del caudal del río sobre las concentraciones de OCPs, PCBs, PCNs y PCSs en las partículas en suspensión.

Las concentraciones observadas para OCs y PCBs en partículas en suspensión y fase disuelta eran coherentes con los resultados de estudios anteriores. La variabilidad temporal de OCs y PCBs y el flujo del río se representan en la Figura 2. Las muestras mensuales muestran un nivel de fondo de estos contaminantes. Se ha observado una dependencia directa entre las concentraciones de pentaclorobenceno, HCB, DDTs, PCBs, DDDs, DDEs, PCNs y PCSs en partículas en suspensión (Figura 3). Entre los policloroestirenos (PCSs) y policloronaftalenos (PCNs) identificados los compuestos más



abundantes fueron el octacloroestireno y heptacloronaftaleno, respectivamente. Esta dependencia sugiere que los incrementos de caudal arrastran partículas que continenen concentraciones importantes de estos contaminantes. Probablemente, el flujo continuo del río arrastra cantidades limitadas de partículas que se depositan en el meandro situado después del pantano de Flix. A flujos superiores estas partículas son arrastradas río abajo. Después de los episodios de incremento de caudal, en condiciones de flujo controlado por los pantanos aguas arriba de Flix, se reinicia el arrastre de pequeñas cantidades de partículas y sedimentación en sitios específicos del río.

CONCLUSIONES

Los resultados de los estudios realizados hasta el momento muestran que el río Ebro, en su sección entre el pantano de Flix y la desembocadura, tiene aguas de buena calidad. Sin embargo, el río tiene un problema ambiental relacionado con el fango que almacenado en este reservorio. Dicho problema supone un impacto claro de los contaminantes vertidos sobre las cadenas tróficas y peces situados entre el pantano y la desembocadura. Éstos suponen concentraciones altas de compuestos organoclorados y mercurio.

Por el contrario, las aguas del río cumplen con los requerimientos legales establecidos para aguas de todos los usos, fundamentalmente potabilización. Ello se observa en los controles rutinarios de las administraciones hidráulicas responsables del control del río (CHE, ACA) y de las responsables de su potabilización (CAT).

El flujo del río es suficientemente fuerte como para transportar fangos contaminados que salen del pantano hasta la desembocadura. Las cantidades arrastradas de contaminantes son bajas y se diluyen con el fango natural por lo que el impacto de éstos sobre el delta es bajo.

A este respecto, todos los productos agrícolas cumplen con las regulaciones legales.

En la actualidad, los niveles de metales pesados, incluyendo mercurio, tanto los encontrados aguas para consumo de agua y los suelos no suponen ningún riesgo para la población. Probablemente, el consumo de arroz, frutos y hortalizas de origen local no supone ningún riesgo para la salud de la población.

A pesar de estas observaciones, los episodios de incremento de flujo dan lugar a incrementos arrastre de partículas de contaminantes a caudales por encima de $900 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. Este fango se deposita en el lecho del río a flujos por debajo de $400 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, fundamentalmente en el área deltaica y son arrastrados al mar a flujos más altos. No se observa un transporte de contaminantes en fase disuelta.

Estos resultados muestran que es conveniente la retirada de los fangos acumulados en el pantano como la mejor opción para eliminar el riesgo que suponen los residuos y mejorar de forma importante la calidad del tramo del río entre el pantano y la desembocadura. La eliminación de este fango también permite eliminar riesgos futuros de movilización accidental de una fracción importante de los residuos vertidos y los acontecimientos catastróficos subsiguientes.



A este respecto, muchos de los peces analizados en el proyecto MOBITROF, por ejemplo las carpas y siluros, muestran concentraciones de compuestos organoclorados y mercurio (fundamentalmente en la forma de metilmercurio) que están por encima de las normativas legales para el consumo humano. Otros organismos como el cangrejo americano muestran niveles muy altos de estos contaminantes. Los pájaros que viven alrededor del pantano de Flix, dentro de la reserva natural de Sebes y aguas abajo en el Delta del Ebro, también muestran un impacto claro por mercurio y compuestos organoclorados. Asimismo, se han observado efectos genotóxicos por la presencia de estos contaminantes en todos los organismos incluidos en este estudio.