

4.2.7 Metales pesados en la materia en suspensión

La adsorción de los metales pesados en la materia en suspensión de las aguas se lleva a cabo en la materia orgánica, arcillas, limos, etc. y, por procesos de precipitación que rápidamente transfieren contaminantes a sedimentos de las corrientes fluviales (Förstner y Wittmann, 1979; Warren, 1981; Bubb y Lester, 1994). Los cambios en las variaciones de la cantidad de materia en suspensión son un fenómeno importante sobre la carga contaminante en los sistemas acuáticos (Förstner y Wittmann, 1979; Geesey *et al.*, 1984; Bubb y Lester, 1994).

La materia orgánica disuelta, especialmente las sustancias humicas, juegan un papel importante en las concentraciones de micro-elementos inorgánicos en las aguas superficiales (Sholkovitz, 1976; Eisma, 1986; Lisitzin, 1988; Eisma y Cadée, 1991; Dekov *et al.*, 1998). Asimismo cabe remarcar que la materia en suspensión está constituida en su mayoría por materia orgánica convirtiéndose en una trampa de alta capacidad de retención de los metales traza en solución (Meybeck, 1982; Ittekkot y Laane, 1991; Dekov *et al.*, 1998).

Las concentraciones de los metales obtenidos en la materia en suspensión se han determinado en el último punto de muestreo de cada río. Estas se encuentran recogidas en la **tabla 4.15**. En ella se puede observar que los elementos Sb, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb y Zn presentan concentraciones ligeramente superiores en la materia en suspensión que en los sedimentos, esto podría ser debido a que éstos metales tienen una afinidad mayor de asociarse a las partículas finas y la materia orgánica (Bubb y Lester, 1994; Fuchs *et al.*, 1997). Por el contrario, la concentración de As en la materia en suspensión es inferior respecto a los sedimentos, ello podría ser atribuido que el arsénico se halla principalmente en la matriz cristalina del sedimento, por tanto, se puede decir que el principal origen del As obedece a carácter litogénico (Schalscha y Ahumada, 1998).

Bilos *et al.*, (1998) en su trabajo en los sedimentos del río de la Plata (Argentina), han realizado una comparación de la concentración de Cr en los dos compartimentos (materia en suspensión y sedimentos), donde encuentran diez veces más concentrado

este elemento en la materia en suspensión que en los sedimentos. Asimismo, Paalman y Van Der Weijden (1992) en el río Rin han obtenido una concentración cinco veces superior en la materia en suspensión que en los sedimentos. En investigaciones recientes Dekov *et al.*, (1998) han comprobado que la materia en suspensión está enriquecida en mayor cuantía por los elementos Cu, Cr, Ni y Zn.

Durante el periodo de lluvias los sedimentos altamente contaminados por metales pesados por el fenómeno de la resuspensión son transportados aguas abajo (Cabrera *et al.*, 1984, 1987; Arambarri *et al.*, 1996). En nuestro caso, los elementos químicos estudiados son depositados al mar Mediterráneo, convirtiéndose en una problemática de contaminación para la fauna marina por la alta toxicidad que presentan los metales pesados.

Tabla 4.15: Comparación de metales pesados en la materia en suspensión y en sedimentos (?g/g)

Elementos	Castellgalí (P-4)		Sant Joan Despí (P-12)		Martorell-A (P-17)	
	M.E.S.	Sedimentos	M.E.S.	Sedimentos	M.E.S.	Sedimentos
Antimonio	1.6	1.4	3.7	3.4	2.1	2.2
Arsénico	5.1	29.5	13.5	27.7	7.0	25.8
Cadmio	0.6	0.8	0.5	0.6	0.3	0.4
Cobre	45.3	34.9	99.5	96.6	331.2	46.2
Cromo	65.0	40.1	253.2	125.5	338.0	93.2
Mercurio	0.48	0.11	2.21	0.44	1.04	0.18
Níquel	89.4	55.8	166.5	107.0	67.8	69.9
Plomo	35.2	31.2	61.4	69.1	57.2	32.9
Zinc	276.6	221.3	362.4	292.9	220.9	107.1

4.2.8 Comparación de metales pesados en sedimentos de varios ríos de España

Gracias a los estudios de contaminación por metales pesados realizados por Campos *et al.*, (1990) en los sedimentos del río Tinto (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb y Zn); por Usero *et al.*, (1997) en los sedimentos del río Odiel (As, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Pb y Zn); por Rubió *et al.*, (1991) en los sedimentos del río Besós (Cd, Cu, Cr, Ni, Pb y Zn); por Arambarri *et al.*, (1996) en los sedimentos de los ríos Agrio, Guadiamar y Guadalquivir (Cu, Pb y Zn); por Irabien y Velasco (1997) en los sedimentos del río Oka (Cu, Cr, Ni, Pb y Zn); por Rovira (1993) en los sedimentos del río Jarama (Cd, Cu, Cr,

Metales pesados y componentes mayoritarios en sedimentos

Ni, Pb y Zn), disponemos de datos relativos a sistemas fluviales españoles (**tabla 4.16**). Con respecto a As, Cd, Cu, Hg, Pb y Zn, se comprueba que los sedimentos más contaminados se encuentran en los sistemas con intervenciones mineras y actividades industriales (ríos Tinto y Odiel). En las zonas más contaminadas estos sedimentos poseen elevadísimas concentraciones puntuales de dichos elementos, muy superiores a las de los ríos Cardener, Llobregat y Anoia. El río Besós que está situado en una zona altamente industrializada de la provincia de Barcelona, presenta las mayores acumulaciones metálicas en los sedimentos del curso medio del río, al igual que el Anoia. Siendo superior al último punto de muestro de la cuenca del Llobregat (Sant Joan Despí) zona considerada de elevada contaminación. Sin embargo, los sedimentos de los ríos Cardener y Llobregat poseen valores de Cr similares a los ríos Tinto y Odiel. Asimismo, cabe indicar que los valores de Ni, en nuestro caso, son superiores a los del Tinto y Odiel. Con respecto al Cd, Cu y Pb en el río Jarama se observa un mayor enriquecimiento de estos metales que en los sedimentos de la cuenca del Llobregat.

Lo más destacable de este análisis comparativo es que los sedimentos de los ríos Cardener y Llobregat presentan una contaminación metálica, más extendida en el curso bajo de éstos ríos que la de otros sistemas acuáticos españoles tomados en consideración. Por el contrario el río Anoia es equiparable a los ríos Tinto, Odiel y Besós con elevadas concentraciones en el curso medio del río (Vilanova del Camí). En resumen como puede observarse en la **tabla 4.16**, los sedimentos de los ríos Cardener, Llobregat y Anoia presentan menores concentraciones de metales pesados que las existentes en otros sistemas fluviales españoles estudiados, a excepción de Cr en el río Anoia se dan valores ligeramente mayores al resto de los ríos tomados en cuenta para esta comparación.

Tabla 4.16: Concentraciones de metales pesados en varios sistemas fluviales Españoles (? g/g)

Descripción	Sb	As	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn
Río Tinto (Campos <i>et al.</i> , 1990)	-	2230	4.2	738	20.1	9.8	26.3	2996	652
Río Odiel (Usero <i>et al.</i> , 1997)	-	529	2.9	526	23.5	7.1	25.0	950	1014
Río Besós (Rubió <i>et al.</i> , 1991)	-	-	4.4	310	844	-	230	295	633
Río Agrio (Arambarri <i>et al.</i> , 1996)	-	-	-	24	-	-	-	98	45
Río Guadiamar (Arambarri <i>et al.</i> , 1996)	-	-	-	138	-	-	-	19	47
Río Guadalquivir (Arambarri <i>et al.</i> , 1996)	-	-	-	1.4	-	-	-	3.5	1.5

Río Oka (Irabien y Velasco, 1997)	-	-	-	52.5	49.2	-	43.3	46	187
Río Jarama (Rovira, 1993)	-	-	3.9	101	107	-	27.2	102	143
Río Cardener (Valores de este trabajo)	1.4	25.9	0.56	25.5	27.3	0.18	54.3	31.6	110
Río Llobregat (Valores de este trabajo)	1.6	26.4	0.43	47.1	51.3	0.28	62.3	37.4	143
Río Anoia (Valores de este trabajo)	1.9	32.0	0.38	40.8	315.5	1.00	54.8	31.3	120

4.3 Aporte de metales pesados al mar Mediterráneo

En este trabajo se ha evaluado también el aporte global de metales traza de los ríos Cardener y Anoia a su receptor principal, el río Llobregat y de éste al mar Mediterráneo. Esta evaluación se ha efectuado a partir de los metales obtenidos en las aguas y en la materia en suspensión, estos valores se recogen en la **tabla 4.17**. La contribución total de los ríos Cardener-Anoia al río Llobregat es de 9825 Kg/año, de este valor el río Cardener contribuye 7035 Kg/año lo que representa aproximadamente el 60% de la concentración total y el 40% restante lo hace el río Anoia con 2790 Kg/año, el simple efecto acumulativo de estos metales en los sedimentos puede producir una contaminación cada vez mayor. Entre los metales con aportes más significativos destacan el As, Cu, Cr, Ni y el Zn (**tabla 4.17**).

Es importante la concentración total de mercurio que se vierte desde la cuenca del Llobregat al mar Mediterráneo, ésta es de 40.0 Kg/año, un valor significativo desde el punto de vista ambiental, ya que el mercurio es considerado como uno de los metales pesados más tóxicos y de carácter altamente bioacumulativo (Viarengo, 1985; Albert, 1990; Usero *et al.*, 1997).

Finalmente, resaltar que el aporte total de los metales pesados anualmente de la cuenca del Llobregat al mar Mediterráneo es de 33.0 Tn/año, una concentración muy significativa por la problemática negativa que puede producir en su cauce y aguas adentro, así como afectar a la fauna marina con el consiguiente riesgo de entrar en la cadena trófica hasta llegar al hombre.

Metales pesados y componentes mayoritarios en sedimentos

Tabla 4.17: Aporte de metales del Cardener y Anoia al Llobregat y éste al mar Mediterráneo (Kg/año)

A p o r t a c i ó n	Sb	As	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn	Total
Cardener/Llobregat	56	358	6	417	1178	2	753	205	4060	7035
Anoia/Llobregat	44	118	1	610	716	1.5	205	87	1005	2790
Llobregat/mar Mediterráneo	630	2875	20	3540	5830	40	7820	845	11410	33000