

INDICE

RESUMEN

INTRODUCCION	1
1.1 Ciclo hidrológico e importancia del análisis de los metales pesados	3
1.2 Contaminación de aguas superficiales por metales pesados	4
1.3 Contaminación de sedimentos por metales pesados	6
1.4 Metales pesados en la materia en suspensión	7
1.5 Importancia de la granulometría de los sedimentos	8
1.6 Toxicidad y bioacumulación de los metales pesados.	
Factores que las modifican	11
1.6.1 Factores abióticos	12
1.6.2 Factores bióticos	17
1.7 Vías de entrada y origen de los metales pesados en los sistemas acuáticos	18
1.7.1 Origen natural	19
1.7.2 Origen antropogénico	20
1.7.2.1 Origen industrial	20
1.7.2.2 Origen agropecuario	21
1.7.2.3 Origen doméstico	23
1.7.2.4 Origen minero	24
1.8 Metales pesados objeto de nuestro estudio	24
1.8.1 Antimonio	25
1.8.2 Arsénico	26
1.8.3 Cadmio	28
1.8.4 Cobre	30
1.8.5 Cromo	33
1.8.6 Mercurio	36
1.8.7 Níquel	38
1.8.8 Plomo	41
1.8.9 Zinc	43

1.9	Normativa de aguas superficiales y sedimentos	45
1.10	Justificación y objetivo del trabajo	46
1.10.1	Justificación del trabajo	46
1.10.2	Objetivos	47
DESCRIPCION DE LA CUENCA Y PUNTOS DE MUESTREO		49
2.1	Descripción de la cuenca del Llobregat	51
2.1.1	Descripción de la cuenca del río Cardener	51
2.1.2	Descripción de la cuenca del río Llobregat	53
2.1.3	Descripción de la cuenca del río Anoia	58
2.2	Geología de la cuenca del Llobregat	60
2.2.1	Geología de la cuenca del río Cardener	60
2.2.2	Geología de la cuenca del río Llobregat	62
2.2.3	Geología de la cuenca del río Anoia	65
2.3	Puntos de muestreo	67
2.3.1	Puntos de muestreo en el río Cardener	67
2.3.2	Puntos de muestreo en el río Llobregat	70
2.3.3	Puntos de muestreo en el río Anoia	74

PARTE EXPERIMENTAL

METALES PESADOS Y COMPONENTES MAYORITARIOS

EN AGUAS.....	79	
3.1	Materiales y métodos	81
3.1.1	Muestreo del agua y materia en suspensión	81
3.1.2	Determinaciones analíticas	82
3.1.2.1	Caudal.....	82
3.1.2.2	Conductividad.....	82
3.1.2.3	Nitritos	83
3.1.2.4	Oxígeno disuelto	83
3.1.2.5	pH	83
3.1.2.6	Temperatura.....	83

3.1.2.7	Cloruros.....	84
3.1.2.8	Nitratos.....	85
3.1.2.9	Residuo seco	86
3.1.2.10	Materia en suspensión.....	87
3.1.2.11	Metales pesados	87
3.1.3	Tratamiento estadístico de los datos	90
3.1.3.1	Análisis de la varianza de las concentraciones medias.....	90
3.1.3.2	Análisis de correlación.....	91
3.1.3.3	Análisis de componentes principales	91
3.2	Resultados y Discusión.....	92
3.2.1	Análisis de la varianza de las concentraciones medias.....	92
3.2.2	Análisis de correlación.....	97
3.2.3	Análisis de componentes principales	100
3.2.4	El efecto colector	105
3.2.5	Parámetros fisico-químicos y componentes mayoritarios	106
3.2.5.1	Caudal	107
3.2.5.2	pH	109
3.2.5.3	Temperatura	111
3.2.5.4	Conductividad	112
3.2.5.5	Cloruros	115
3.2.5.6	Residuo seco	117
3.2.5.7	Nitritos	120
3.2.5.8	Nitratos	122
3.2.5.9	Oxígeno disuelto	125
3.2.5.10	Materia en suspensión en aguas	127
3.2.6	Metales pesados en aguas	129
3.2.6.1	Cadmio	130
3.2.6.2	Mercurio	133
3.2.6.3	Antimonio	134
3.2.6.4	Plomo	137
3.2.6.5	Cobre	141
3.2.6.6	Níquel	144

3.2.6.7	Arsénico	147
3.2.6.8	Cromo	149
3.2.6.9	Zinc	152

METALES PESADOS Y COMPONENTES MAYORITARIOS

EN SEDIMENTOS	157
4.1 Materiales y métodos	159
4.1.1 Muestreo de sedimentos	159
4.1.2 Tamizado de sedimentos	160
4.1.2.1 Estudio granulométrico realizado	161
4.1.3 Análisis de componentes mayoritarios	162
4.1.3.1 Análisis de carbonatos	162
4.1.3.2 Análisis de silicatos	163
4.1.3.3 Determinación de la materia orgánica	164
4.1.4 Análisis de metales pesados en sedimentos	165
4.1.5 Análisis de metales pesados en la materia en suspensión	169
4.1.6 Tratamiento estadístico de los datos	170
4.1.7 Validación del método analítico	170
4.1.7.1 Límite de detección y cuantificación	170
4.1.7.2 Precisión	173
4.1.7.3 Exactitud	175
4.2 Resultados y Discusión	177
4.2.1 Análisis granulométrico	177
4.2.2 Análisis de la varianza de las concentraciones medias	184
4.2.3 Análisis de correlación	189
4.2.4 Análisis de componentes principales	192
4.2.5 Componentes mayoritarios en los sedimentos	197
4.2.5.1 Carbonatos	197
4.2.5.2 Silicatos	199
4.2.5.3 Materia orgánica	202
4.2.6 Metales pesados en sedimentos	204
4.2.6.1 Mercurio	206

4.2.6.2	Cadmio	209
4.2.6.3	Antimonio	212
4.2.6.4	Cobre	214
4.2.6.5	Plomo	217
4.2.6.6	Níquel	220
4.2.6.7	Arsénico	222
4.2.6.8	Cromo	225
4.2.6.9	Zinc	228
4.2.7	Metales pesados en la materia en suspensión	230
4.2.8	Comparación de metales pesados en sedimentos de varios ríos de España.....	232
4.3	Aporte de metales pesados al mar Mediterráneo	233
ESPECIACION DE METALES PESADOS EN SEDIMENTOS		235
5.1	Introducción	237
5.2	Materiales y métodos	240
5.2.1	Reactivos utilizados	241
5.2.2	Procedimiento de extracción química sucesiva y su análisis	242
5.2.3	Tratamiento estadístico de los datos	244
5.3	Resultados y Discusión	246
5.3.1	Análisis de correlación	248
5.3.1.1	Correlaciones de metales en forma de iones intercambiables y carbonatos	248
5.3.1.2	Correlaciones de metales asociados a óxidos de hierro y manganeso	249
5.3.1.3	Correlaciones de metales ligados a la materia orgánica	250
5.3.1.4	Correlaciones de metales asociados a la fase residual	251
5.3.2	Metales pesados de la extracción química sucesiva	252
5.3.2.1	Antimonio	253
5.3.2.2	Arsénico	255
5.3.2.3	Cadmio	256

5.3.2.4	Cobre	259
5.3.2.5	Cromo	261
5.3.2.6	Níquel	263
5.3.2.7	Plomo	265
5.3.2.8	Zinc	267
5.3.3	Análisis comparativo	268
CONCLUSIONES		271
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS		281
ANEXO I	Componentes mayoritarios en aguas	
ANEXO II	Metales pesados en aguas	
ANEXO III	Componentes mayoritarios en sedimentos	
ANEXO IV	Metales pesados en sedimentos	
ANEXO V	Especiación de metales pesados en sedimentos	