

DETERMINACION DEL GRADO DE CONTAMINACION DE LOS RIOS MEDIANTE EL ESTUDIO CONJUNTO DE LA COMPOSICION DE SUS AGUAS Y SEDIMENTOS

A. Bustos*, C. Ortega* y I. Sastre**

(*) *Centro de Ciencias Medioambientales (C.S.I.C.).*

Serrano, 115 dpdo. 28006 - Madrid.

(**) *Consejería de Agricultura y Cooperación (Comunidad de Madrid).*

RESUMEN

El análisis de los sedimentos de los ríos puede servir de complemento a la información que se obtiene con el análisis de las aguas, para fijar con más exactitud aquellos tramos donde se producen los fenómenos de contaminación más intensos. Los sedimentos llevan a cabo procesos de concentración de contaminantes (metales, tensoactivos, aceites minerales, etc.) lo que unido a su gran inercia a modificar su composición, los hace muy útiles para identificar las zonas de los ríos receptores de vertidos contaminantes esporádicos, actuales o pasados.

Se han aplicado estos conceptos al estudio de los ríos Jarama y Tajo a su paso por la Comunidad de Madrid, identificándose los puntos de mayor nivel de contaminación. Se ha puesto de manifiesto la clara relación existente entre el valor que adquieren los índices de contaminación en las aguas y en los sedimentos.

Palabras clave: Contaminación. Ríos. Tajo. Jarama. Agua. Sedimentos.

SUMMARY

ASSESSMENT OF THE POLLUTION LEVEL IN RIVERS THROUGH JOINT STUDY OF THE COMPOSITION OF THEIR WATER AND SEDIEMNTS

The analysis of river sediments can be useful to improve information obtained through water analysis in order to more exactly assess the stretches where major pollution occurs. Sediments carry out concentration processes of pollutants (metals, surfactants, mineral oils, etc.). This quality, together with their slowners in to modifying their compositin is the cause of their utility to identify the areas of rivers receiving sfarachi waste at the present or in the past.

These concepts were applied to study the Jarama and Tagus Rivers where passing through Region (Spain). The most polluted sites were identified. The clear relation between the pollution indicators of the water and sediments was shown.

Key words: Pollution. Rivers. Tagus. Jarama. Water. Sediments.

INTRODUCCION

Dentro de la Comunidad de Madrid, la presencia de la capital, una aglomeración urbana de más de cuatro millones de habitantes, y la existencia de grandes zonas industriales al Este, entre la capital y Alcalá de Henares, ha sido la causa de la aparición de graves problemas de contaminación en varios de los principales ríos de la región pertenecientes todos a la cuenca del Tajo.

Esta situación se conoce desde hace tiempo habiéndose realizado periódicamente estudios sobre el tema buscando identificar aquellos tramos fluviales donde se producen vertidos contaminantes (Bustos *et al.*, 1988) o proponiendo planes para la posible recuperación de aquellos tramos de río más contaminados (Catalán, 1980; Cristobal, 1986).

Hasta hace relativamente pocos años, los estudios de contaminación química de los ríos se realizaron preferentemente analizando muestras de agua recogidas en diversos puntos de la corriente, previamente escogidos, a fin de determinar la influencia de vertidos de aguas residuales, incorporación de afluentes, etc. Una interesante posibilidad para mejorar la información sobre el esta-

do de la corriente, obtenida con el análisis de agua, es llevar a cabo el análisis de los sedimentos. A diferencia de la corriente de agua que por su propia naturaleza es fugaz y puede modificar su composición notablemente en intervalos de tiempo muy cortos, la composición de los sedimentos es mucho más constante y habitualmente refleja o está influenciada por la calidad de las aguas en cuyo seno se han formado. Aparte de los tradicionales estudios de investigación de pesticidas en los sedimentos de los que la bibliografía muestra desde hace tiempo abundantes ejemplos (López *et al.*, 1980) más recientemente se han buscado en los sedimentos índices de contaminación más generales, tales como tensoactivos (Hennes y Rapaport, 1989; Giger, 1990), metales (Rauset *et al.*, 1989) hidrocarburos (Sánchez y Rovira, 1985; Kayal y Connel, 1989).

En este trabajo se ha seguido esta línea, estudiándose la calidad de las aguas de los ríos Tajo y Jarama en los tramos correspondientes a la Comunidad de Madrid a través del análisis de las aguas y de los sedimentos recogidos en los mismos puntos de muestreo.

MATERIALES Y METODOS

Los puntos de toma de muestras se seleccionaron a fin de determinar la influencia sobre la calidad de las aguas y de los sedimentos de los diversos aportes provenientes de núcleos urbanos, zonas industriales y otros cursos de agua (Henares, Manzanares, etc.).

A continuación se describe la situación de los puntos de toma de muestras. En la figura 1 se han representado estos puntos. Las muestras se tomaron el día 20 de Junio de 1990 en el río Tajo y el día 27 de Septiembre de 1990 en el río Jarama.

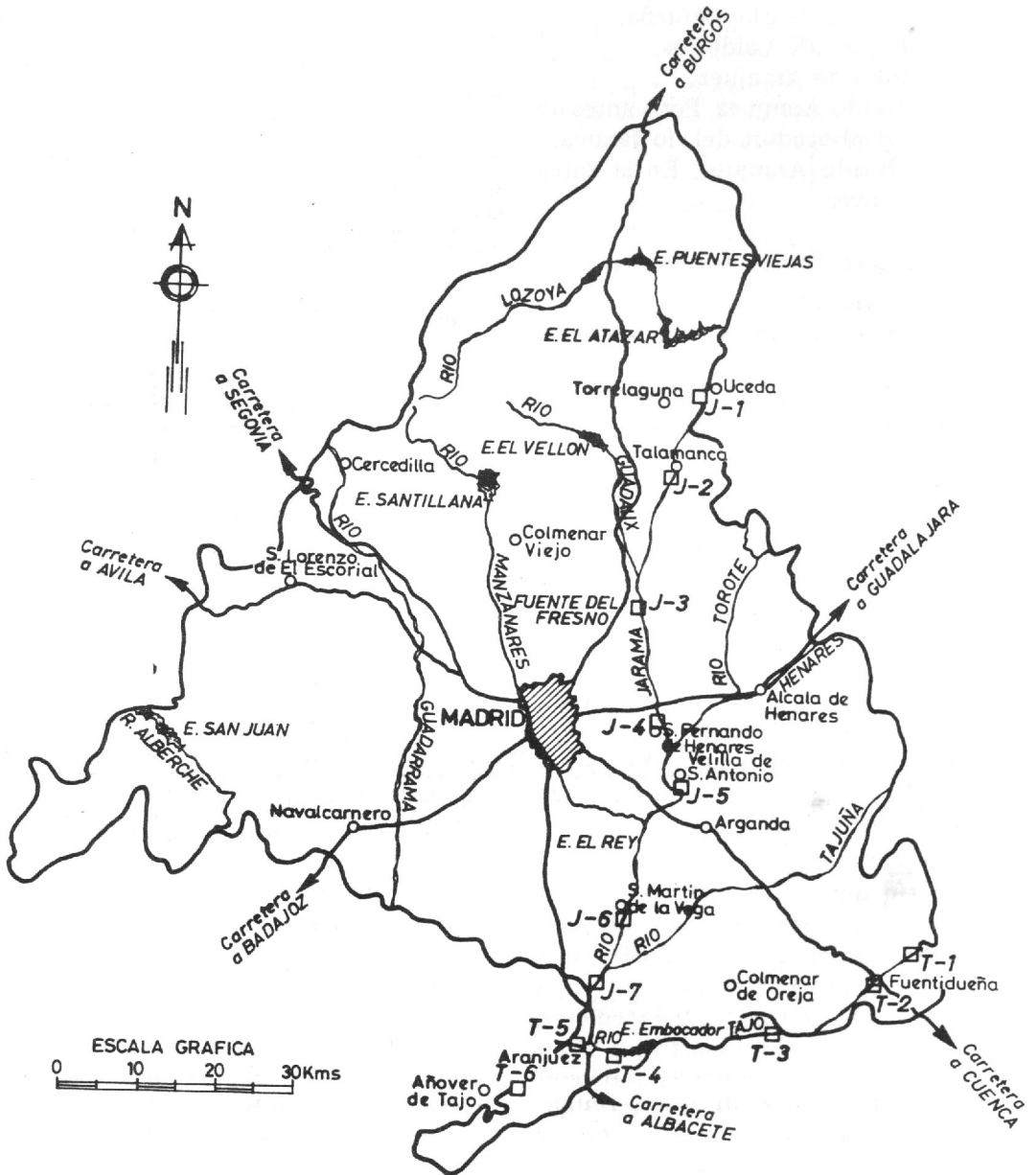


FIG. 1.—Situación de los puntos de muestreo en la Comunidad de Madrid.

Río Tajo. Puntos de muestreo

- T - 1 Límite con la provincia de Guadalajara.
- T - 2 Después de Fuentidueña.
- T - 3 Después de Valdeajos.
- T - 4 Antes de Aranjuez.
- T - 5 Pasado Aranjuez. Poco antes de la desembocadura del río Jarama.
- T - 6 Pasado Aranjuez. En la Barca de Añover.

Río Jarama. Puntos de muestreo

- J - 1 Puente situado a la divisoria de las provincias de Madrid y Guadalajara.
- J - 2 Junto al puente romano (aguas arriba) de la carretera C-101.
- J - 3 Después del río Guadix.
- J - 4 Poco después del puente de la C. N. II.
- J - 5 En Velilla de San Antonio.
- J - 6 En San Martín de la vega.
- J - 7 Junto al puente de la C. N. IV.

Los análisis de agua se realizaron siguiendo las técnicas recogidas en STANDARD METHODS for the Examination of Water and Wastewater, 1989, 17 edición y ANALISIS DE LAS AGUAS de J. Rodier, 1981, 4.^a edición.

A fin de distinguir entre grasas y aceites minerales, se llevó a cabo una extracción del agua con Cl_2CH_2 , una concentración por evaporación, una redisolución en Cl_4C y una medición en la zona IR del espectro, a 2930 cm^{-1} (frecuencia asociada a los grupos $-\text{CH}_2-$ presentes en aceites minerales y grasas) y a 1750 cm^{-1} (fre-

cuencia asociada al grupo $-\text{CO}-$ presente en las grasas vegetales y animales).

En cuanto a los sedimentos, una vez secos, se pasaron por un tamiz de 2 mm. Esta fracción posteriormente fué pulverizada y pasada a través de un tamiz de 0.5 mm. Los sedimentos pulverizados se analizaron siguiendo las Normas recogidas en PROCEDURES FOR SOIL ANALYSIS del ISRIC, 1987. Segunda edición. En el caso de los tensoactivos aniónicos y grasas y aceites, se llevó a cabo una extracción previa con mezcla hidroalcohólica (2 V alcohol, 1 V agua), evaporando el alcohol, diluyendo con agua y aplicando las mismas técnicas utilizadas en el análisis del agua.

Para la determinación de metales en sedimentos se prefirió utilizar un método de "ataque total" en lugar de un método de extracción secuencial, puesto que frecuentemente la fracción remanente después de las sucesivas extracciones selectivas, equivale a más del 90% en peso de la muestra inicial (Tessier *et al.*, 1979). Los metales en sedimentos se determinaron atacando la muestra con ácido nítrico y ácido clorhídrico, eliminando por evaporación el exceso de ácido, redisolviendo en agua y midiendo por absorción atómica o plasma.

Tanto en aguas como en sedimentos los análisis se realizaron por duplicado, exponiéndose en las tablas de resultados, el valor medio de las dos determinaciones.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las Tablas 1, 2, 3 y 4 se recogen los resultados de los análisis de

las aguas de los ríos Tajo y Jarama en los tramos correspondientes a su

TABLA 1

Análisis químico de las aguas de los ríos Tajo y Jarama. Composición actual.*

Muestra	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	CO ₃ ²⁻	CO ₃ H ⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Conducti- vidad	pH	Resíduo 110°	Dureza total	Dureza temporal	Dureza permanente
T - 1	50	192	0	220	129	34	24	2	0.89	8.2	627	46.2	17.6	28.6
T - 2	63	208	0	214	136	36	41	2	1.04	8.2	715	48.8	17.1	31.9
T - 3	80	241	0	220	141	39	110	2.5	1.29	8.2	826	51.2	17.6	33.6
T - 4	83	273	0	232	161	44	120	3	1.48	8.2	994	58.3	18.6	39.7
T - 5	93	304	0	239	144	48	135	3	1.57	7.7	1.073	63.2	19.1	44.1
T - 6	92	288	0	314	175	44	160	9	1.73	8.0	1.341	62	25.1	36.9
J - 1	54	241	0	195	97	17	5.5	1	0.62	6.9	468	31.2	15.6	15.6
J - 2	76	386	0	207	130	23	8.5	2	0.78	7.3	628	31.9	16.6	25.3
J - 3	26	283	0	314	108	19	50	5	0.86	7.4	566	34.8	25.1	9.7
J - 4	47	116	0	264	57	11	70	13	0.79	7.4	442	18.8	18.8	0
J - 5	72	274	0	283	99	27	70	8.5	1.02	7.3	707	35.8	22.6	39.6
J - 6	72	283	0	295	88	25	80	12	1.05	7.5	644	32.3	23.6	8.7
J - 7	57	304	0	289	89	20	70	11	0.99	7.2	609	30.5	23.1	7.4

(*) Los resultados están expresados en las siguientes unidades:

Conductividad: dS m⁻¹.Durezas: Grados franceses (1 grado francés = 10 mg de Ca CO₃).Resto de las determinaciones: mg L⁻¹.

TABLA 2

Análisis químico de las aguas de los ríos Tajo y Jarama. Índices de contaminación.*

Muestra	PO ₄ ⁻³	N total	NO ₃ ⁻	NO ₂	NH ₄ ⁺	M. Orgánica	Tensoactivos aniónicos	Grasas	Aceites minerales	Gr + Ac.
T - 1	0	0.6	1.6	0	0.3	0.9	0.04	0.4	0.7	1.1
T - 2	0	0.9	2.3	0	0.5	1.0	0	0.2	0.7	0.9
T - 3	0	1.2	2.6	0	0.8	0.9	0	0.6	1.6	2.2
T - 4	0	1.8	3.3	0	1.4	1.7	0	0.5	0.7	1.2
T - 5	0.1	1.4	6.3	0	0	1.4	0	1.4	1.4	2.8
T - 6	1.2	4	6.1	0.9	2.9	6.8	0.01	0.3	0.8	1.1
J - 1	0.1	0.5	1.1	0	0	0.4	0.22	0.2	1.0	1.2
J - 2	0.1	1.4	4.0	ind.	0	1.5	0	1.0	1.0	1.2
J - 3	1.4	2.9	0.4	ind.	1.8	3.8	0.25	0	1.9	1.9
J - 4	10.2	11.3	15.5	3.7	14.5	13.0	0	1.1	0.7	1.8
J - 5	2.5	12.5	11.9	2.0	5.6	5.3	0	0.1	1.0	1.1
J - 6	9.1	11.6	5.7	1.2	10.5	7.2	0	0.9	1.0	1.9
J - 7	7.3	12.5	6.3	0.9	12.3	9.0	0	0.3	1.4	1.7

(*) Los resultados están expresados en las siguientes unidades: Materia orgánica: mg L⁻¹ de oxígeno equivalente.
 Tensoactivos aniónicos: mg L⁻¹ de LAS.
 Resto de las determinaciones: mg L⁻¹.

TABLA 3

Análisis químicos de los sedimentos de los ríos Tajo y Jarama.

Muestra	Tensoactivos aniónicos mg kg ⁻¹ LAS	Nitrógeno kjeldhal %	Materia orgánica %	Carbono %	Salinidad mg kg ⁻¹	pH a saturación	Grasas mg kg ⁻¹	Aceites minerales mg kg ⁻¹	Gr.+ Ac. mg kg ⁻¹
ST - 1	95	0.13	3.15	1.83	160	7.70	18	71	89
ST - 2	34	0.15	2.29	1.33	1.273	7.80	12	76	88
ST - 3	25	0.09	1.78	1.03	1.258	7.80	12	81	93
ST - 4	7	0.03	0.38	0.22	633	8.00	23	99	122
ST - 5	17	0.13	1.81	1.05	1.491	7.70	22	137	159
ST - 6	216	0.24	4.28	2.49	1.012	7.85	80	1.090	1.117
SJ - 1	69	0.04	0.24	0.14	220	8.10	16	36	52
SJ - 2	27	0.04	0.07	0.04	191	8.15	6	18	24
SJ - 4	84	0.69	10.5	9.09	—	7.15	—	—	—
SJ - 5	126	0.25	3.94	2.29	1.836	7.40	65	597	661
SJ - 6	383	0.25	3.77	2.19	3.000	7.60	146	1.345	1.491
SJ - 7	471	0.44	5.98	3.48	2.100	7.50	84	554	638

TABLA 4

Contenido en metales pesados de los sedimentos de los ríos Tajo y Jarama. (mg kg⁻¹).

Muestra	Cr	Cd	Pb	Ni	Zn	Cu
ST - 1	15	0	25	13	61	14
ST - 2	10	0	10	13	38	10
ST - 3	9	0	18	9	39	8
ST - 4	0	0	—	—	38	—
ST - 5	0	0	25	9	30	8
ST - 6	74	0	71	23	235	46
SJ - 1	1	0	2	6	48	0
SJ - 2	5	0	2	5	29	0
SJ - 4	45	0	23	8	202	170
SJ - 5	1	0	16	13	146	36
SJ - 6	8	0	39	12	213	25
SJ - 7	1	0	81	19	219	66

recorrido por la Comunidad de Madrid, así como los datos de análisis de los sedimentos. No se acompaña el dato de análisis de metales pesados en las aguas por haberse encontrado casi siempre concentraciones muy bajas (inferiores a 0.5 $\mu\text{g L}^{-1}$ y muy próximas al límite de detección por la técnica de espectrofotometría por plasma. El único dato a resaltar es las concentraciones de cromo 1.6 $\mu\text{g L}^{-1}$ y níquel 6.4 $\mu\text{g L}^{-1}$ encontrados en el punto T - 6 (río Tajo pasado Aranjuez).

Análisis de aguas

Si se observan los resultados de los análisis se ve como las aguas del río Tajo presentan una salinidad mayor que las aguas del río Jarama,

debido sobre todo a un mayor contenido de sales de calcio y magnesio lo que hace que la dureza pueda llegar a ser el doble. Este aporte de sales en el río Tajo se debe principalmente a fenómenos de disolución natural de las sales de los terrenos drenados puesto que en el tramo estudiado, con excepción del último punto que ya ha recibido al río Jarama, existen pocos vertidos contaminantes. Hay que resaltar los 1300 mg L^{-1} de residuos por evaporación observados en el último punto controlado situado aproximadamente en la división de las provincias de Madrid y Toledo, donde una parte de la salinidad indudablemente será aportada por los diversos vertidos que llegan al Jarama directamente o a sus afluentes Henares, Manzanares, etc. Teniendo en cuenta que los ca-

nales de riego del sur de la Comunidad, se surten de agua del río, pueden surgir esporádicamente problemas, si se desea utilizar estas aguas para el cultivo de especies vegetales muy sensibles a la salinidad. Esta situación puede darse en estiajes muy prolongados durante los que puede incrementarse de forma muy notable la concentración de sales.

Desde el punto de vista de la contaminación, ambos ríos llegan a la Comunidad de Madrid con una calidad bastante buena, puesto que provienen de zonas poco pobladas y de escasa industrialización. A lo largo de su recorrido por la Comunidad se va deteriorando progresivamente su calidad por la incorporación de vertidos urbanos e industriales o por la recepción de afluentes con elevado grado de contaminación.

El río Tajo conserva un aceptable grado de calidad hasta su unión con el río Jarama (punto T-6). Es notable el aumento de contenido en materia orgánica que pasa de 1.4 mg L^{-1} de oxígeno equivalente en el punto T-5 (pasado Aranjuez antes de la incorporación del Jarama) a 6.8 mg en el punto T-6 (después del Jarama). También se nota un fuerte incremento de la concentración de las especies nitrogenadas como se pone de manifiesto comparando el valor del nitrógeno total en el punto T-6, 4 mg L^{-1} , con el nitrógeno total en el punto T-5, 1.4 mg L^{-1} (antes de la desembocadura del río Jarama).

Respecto al río Jarama y teniendo en cuenta los índices de contaminación, se observa que sus aguas conservan una calidad relativamente buena hasta el punto J-2. Empeorarán después de la incorporación del

río Guadalix (punto J-3) y siguen empeorando aguas abajo particularmente a partir de San Fernando de Henares (punto J-4).

Con arreglo a los parámetros utilizados, este es el punto de máxima contaminación de los dos ríos estudiados. Destacan los altos valores de fósforo 10.2 mg L^{-1} de PO_4^{-3} , nitritos 3.7 mg L^{-1} , nitrógeno total 11.3 mg l^{-1} de N, amonio 14.5 mg L^{-1} y materia orgánica 13 mg L^{-1} de oxígeno equivalente. Este deterioro de la calidad de sus aguas, se mantiene sin cambios notables hasta su unión con el río Tajo, aportando a este último una fuerte contaminación.

Los resultados de los análisis químicos expuestos anteriormente, indican que la calidad de las aguas de los ríos Tajo y Jarama dentro de la Comunidad de Madrid, ha sufrido escasas variaciones relativas respecto de situaciones pasadas (Catalán, 1980) y que todavía permanece como una gran fuente de contaminación la zona de vertidos del río Henares (Bustos *et al.*, 1988). Puesto que en la fecha de recogida de las muestras (segunda mitad de 1990), todavía no se había manifestado con claridad en la calidad de las aguas el efecto de las depuradoras urbanas e industriales contruidas en los últimos años, es necesario seguir insistiendo en el desarrollo de este tipo de instalaciones, así como en la realización de programas de vigilancia y limpieza de cauces contaminados.

Análisis de sedimentos

La evolución de la composición de los sedimentos en los ríos estudiados sigue sensiblemente la misma tónica que la de las aguas. Salvo en el pri-

mer tramo del río Jarama (hasta el punto J-2), en el resto de los puntos controlados, la contaminación del río Jarama fué mayor en general que la contaminación en el río Tajo.

No se dispuso de sedimentos en el punto J-3 del río Jarama (después del río Guadalix) por ser el lecho rocoso y existir una fuerte corriente que impedía su depósito.

Con las lógicas fluctuaciones originadas por la incorporación de afluentes en diversos puntos del río Jarama, se observa una tendencia al aumento de la concentración de los contaminantes en los sedimentos a lo largo del recorrido del río por la Comunidad de Madrid, hasta su incorporación al río Tajo.

Lo mismo que pusieron de manifiesto los análisis de agua en el punto J-4, hay que señalar el elevado grado de contaminación de los sedimentos en este mismo punto a causa de los vertidos de las zonas industriales y urbanas de Torrejón, San Fernando de Henares, etc.

Son muy importantes en algunas muestras de sedimento los valores detectados de salinidad, aceites minerales, tensoactivos aniónicos y materia orgánica. Destacan los fuertes valores de aceites minerales 1345 mg kg^{-1} y sales solubles 3080 mg kg^{-1} encontrados en el punto J-6, así como el creciente aumento de la concentración de tensoactivos aniónicos desde el punto J-2 hasta el punto J-7, donde se encontró una concentración de 471 mg kg^{-1} . En este último punto hay que señalar el alto porcentaje de materia orgánica en el sedimento, 5.98%.

En general, salvo el primer tramo del río Jarama hasta el punto J-2, los sedimentos del río Jarama están

más contaminados que los del río Tajo. La influencia del río Jarama en el grado de contaminación que alcanzan las aguas y sedimentos del río Tajo se manifiesta de forma espectacular cuando se compara la composición de los sedimentos en los puntos T-5 (antes del río Jarama) y T-6 (después del río Jarama). Se observa un incremento en los índices de contaminación que oscila entre 2 veces (salinidad, materia orgánica) a 10 veces (tensoactivos aniónicos, aceites minerales).

Un aspecto interesante que conviene resaltar son los valores encontrados de concentración de metales pesados contaminantes en los sedimentos de los ríos estudiados. No se ha tenido en cuenta el contenido en hierro, aluminio y manganeso por encontrarse habitualmente estos elementos en los sedimentos formando parte de su estructura mineral. Aunque en las aguas sólo se detectaron en algunos casos concentraciones metálicas a nivel de trazas, la concentración de estos mismos metales en los sedimentos es perfectamente medible, puesto que tienen lugar fenómenos de adsorción progresiva de diversos contaminantes como metales (Lietz y Galling, 1989), tensoactivos (Giger, 1990), hidrocarburos (Sánchez y Rovira, 1985).

Al igual que sucede con el resto de los contaminantes, se encontraron en general valores mayores de concentraciones de metales en el río Jarama que en el río Tajo (antes de recibir al Jarama). La mayor contaminación de metales se observó en el Tajo, en los sedimentos del punto T-6, después de la incorporación del río Jarama.

En el río Jarama se detectó un aumento de la concentración de metales en los sedimentos a partir del punto J-2, siendo destacable el

aumento en el punto J-4 y llegando a sus mayores niveles en el punto J-7. Entre los metales destaca el relativamente alto contenido de cinc.

CONCLUSIONES

Los ríos Tajo y Jarama que conservan una calidad relativamente buena hasta la entrada en la Comunidad de Madrid, experimentan un intenso proceso de degradación durante su recorrido por la Comunidad debido a la incorporación de vertidos urbanos e industriales de la zona. El deterioro de la calidad no sólo se manifiesta en las aguas sino que es claramente perceptible en los sedimentos de los ríos, habiéndose encontrado una fuerte relación entre la concentración de contaminantes en las aguas y en los sedimentos. En algunas de las muestras de sedimentos se han detectado concentraciones altas de materia orgánica, aceites minerales y tensoactivos aniónicos, así como concentraciones relativamente importantes de metales pesados.

Se ha puesto de manifiesto el gran deterioro de calidad que experimenta el río Tajo cuando se incorpora, pasado Aranjuez, su afluente el río Jarama. En cuanto al río Jarama, hay que destacar la fuerte disminución del nivel de calidad que tiene lugar durante su recorrido por la Comunidad de Madrid, en particular cuando recibe directa o indirectamente los afluentes de las zonas industriales del este de la capital.

Debido a la capacidad de los sedimentos para la acumulación de contaminantes, para lograr una notable mejora en la calidad de las aguas de los ríos, sería necesario llevar a cabo la limpieza del cauce en los puntos donde existen o han existido fuertes vertidos urbanos o industriales.

AGRADECIMIENTO

Los autores agradecen a Julio Rodríguez y Francisco Serrano, Ingenieros Técnicos Agrícolas del Centro de Ciencias Medioambientales, su colaboración en la elección de los

puntos de toma de muestras, así como en la planificación de los viajes de recogida de éstas muestras y en su realización.

BIBLIOGRAFIA

- APHA., AWWA., WPCF., 1989. Standard methods for the examination of water and waste water. Edit. APHA. Washington. 17th Edition.
- BUSTOS, A., LONGAS, J. y MORA, J.^a, 1988. Estudio de la calidad del río Henares. *Mapfre Seguridad*, 29: 13-20.

- CATALAN, J., 1980. Bosquejo descriptivo del río Jarama ante la viabilidad de su recuperación integral. ASITEMA., 2: 8-17.
- CRISTOBAL, F., 1986. Recuperación del tramo urbano del río Manzanares, Madrid (España). Ing. Constr., 37: 5-28.
- GIGER, W., 1990. Accumulation behavior of surfactants in sewage sludge, soils and sediments. Muench. Beitr Abwasser, Fisch Flussbiol., 44: 414-429.
- HENNES, E. C. and RAPAPORT, R. A., 1989. Calculation and analytical verification of the concentrations in surface waters, sediment and soil. Tens Surf Deterg., 26: 141-147.
- KAYAL, S. I. and CONNELL, D. W., 1989. Polycyclic aromatic hidrocarbons (PAH's) in sediments of the Brisbane River (Australia). Preliminary results. Water Sci. Technol., 21: 161-165.
- LIETZ, W. and GALLING, G., 1989. Metales from sediments. Water Res., 6: 89-96.
- LOPEZ, A., GONZALEZ, J. M., GONZALEZ, M. A. e INFANTE, F., 1980. Resíduos de insecticidas clorados en los sedimentos de la cuenca hidrográfica del Guadalquivir en la provincia de Córdoba. Bol. Est. Cent. Ecol., 9: 3-13.
- RAURET, G., RUBIO, R., LOPEZ-SANCHEZ, J. F. and CASASSAS, E., 1989. Specific procedure for metal solid speciation in heavily polluted river sediments. Int. J. Environ. Anal. Chem., 35: 89-100.
- RODIER, J., 1981. Análisis de las aguas. Ed. Omega. Barcelona. 4.^a Edición.
- SANCHEZ, J. y ROVIRA, J., 1985. Hidrocarburos alifáticos (C₁₄ a C₂₄), DDT,s y PCB,s en sedimentos y organismos del delta del Ebro (Mediterráneo Occidental). Inv. Pesq., 49: 637-651.
- TESSIER, A., CAMPBELL, P. G. and BLASSON, M., 1979. Sequential Extraction Procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. Anal. Chem., 51: 844-851.
- VAN REEUWIJK, L. P. (Ed.), 1987. Procedures for soil analysis. Ed. ISRIC Wageningen. 2th edition.

*Recibido: 20-1-92.
Aceptado: 25-6-92.*