EVOLUCION DEL MEANDRO DE SAN JERONIMO (RIO GUADALQUIVIR, SEVILLA). 1984-1986.

BASANTA ALVES, Ana; GONZALEZ RULL, J.A.; GONZALEZ CARBALLO, J.A.

Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla.
Laboratorio Central. E.T. Carambolo. Camas. Sevilla.

Palabras clave: Autodepuración, mareas, vertidos urbanos, características físico-químicas, Río Guadalquivir.

SUMMARY

THE EVOLUTION OF THE SAN JERONIMO MEANDER (RIVER GUADALQUIVIR SEVILLE). 1984-1986

Key words: Self-purification, tides, sewage effluents, physico-chemical characteristics, River Guadalquivir,

The evolution of the physico-chemical characteristics of the San Jerónimo meander, which belongs to the River Guadalquivir (Seville), has been studied from 1984 to 1986. The samples were taken every 7 or 15 days at 0, 2 and 5 m. depth, both at high and low tide, from three different points of the meander and from another point in the river in order to establish comparisons.

The results indicate that the sampling points situated near the blocked end of the meander present a high value of pH, oxygen and chlorophyll a, with a clear gradient from the surface to the bottom. The midpoint shows high values of ammonia and phosphate as it has been affected by the sewage effluents and in the other characteristics is similar to the river which affect it in high tide.

Also there is a clear differentiation between high and low tides at all the sampling points, the high tide having higher values of phosphate, nitrite, BOD₅ and conductivity while the low tides usually have better conditions (more oxygen less nutrients, etc.).

With reference to the variation from one year to another, a progressive improvement in the level of nutrients can be seen as from 1984, with a noted decrease of ammonia and phosphate (55 and 70% respectively).

INTRODUCCION

El paisaje fluvial del curso bajo del Guadalquivir ha sido reiteradamente alterado por la realización de diversas cortas, de las cuales la última (Corta de la Cartuja, 1982) originó un divertículo ciego, constituido por el antiguo meandro de San Jerónimo cerrado en su extremo Norte.

IV CONGRESO ESPAÑOL DE LIEMNOLOGIA
Actas : 316-323

A este antiguo cauce del meandro vertían importantes colectores de aguas residuales: San Jerónimo, San Lázaro, Torneo, provocando una fuerte contaminación de tipo orgánico. Esta situación se mantuvo, incluso después del cierre del meandro por el Norte, hasta la puesta en servicio de la Estación Depuradora de Aguas Residuales de San Jerónimo (EDAR Norte) a la que se desviaron la mayor parte de los vertidos de la zona (en Mayo de 1984). El meandro se comportaba entonces como una gran laguna de oxidación, cuya comunicación con el río por el Sur permitía cierta renovación.

A raíz del cierre del meandro por dicho extremo Sur, en Agosto de 1984, se puso de manifiesto su alta contaminación que condujo rápidamente a una fuerte anoxia y, consecuentemente, a una importante mortandad de peces. La rápida supresión de este tapón Sur y de todos los vertidos que quedaban dentro del meandro permitieron que éste comenzara una evolución favorable que será descrita en este trabajo.

La evolución de una masa de agua de características similares: la Dársena del Guadalquivir, había sido objeto de estudios sistemáticos (TOJA y otros, 1984; TOJA, 1985), lo que unido al reciente estudio del estuario del río (TOJA y otros, 1986) y a los estudios previos sobre el meandro realizados por GRANADO y SANCHO (1985) proporcionaron a la vez un precedente y un marco de referencia adecuado al presente trabajo.

El hecho de que la isla creada entre el nuevo cauce del río y el meandro vaya a ser sede de la EXPO 92, unido a la proximidad de la desembocadura del meandro a una de las tomas de emergencia para el abastecimiento de agua a Sevilla, dan una especial significación al estudio de esta masa de agua, independientemente del interés que tiene su evolución tras la retirada de las fuentes de contaminación en una zona sometida a mareas.

Parece obvio que si la EXPO 92 va a estar circundada en su orilla izquierda por esta masa de agua será preciso proceder a su saneamiento, lo mismo que el del río, lo cual es posible a juzgar por casos tan conocidos como el del Támesis (ANDREWS, 1984; ANDREWS y RICKARD, 1980). El conocimiento de los procesos de autodepuración que tienen lugar en el meandro y sus relaciones con el estado del río y las mareas debe contribuir a clarificar las posibilidades de dicho saneamiento cara a 1992.

MATERIAL Y METODOS

Los muestreos sistemáticos se iniciaron en Agosto de 1984 con periodicidad semanal y fundamentalmente en pleamar. Desde Marzo de 1985 se realizan con periodicidad quincenal, tomando por separado plea y bajamar.

Se establecieron tres puntos de muestreo dentro del meandro (Figura 1) denominados: -Torneo, a la altura del colector del mismo nombre que, de modo errático, ha realizado vertidos dentro del meandro; -San Lázaro, en la zona de mayor profundidad frente al antiguo colector cegado y -San Jerónimo, en el fondo de saco, zona donde se realizaban los vertidos que ahora trata la EDAR Norte. Se estableció así mismo un punto en el -Río, aguas abajo de la desembocadura del meandro, suficientemente alejado de ésta como para servir de referencia.

En estos puntos se tomaron muestras a 0, 2 y 5 m. de profundidad para los análisis físico-químicos y se realizaron perfiles verticales metro a metro de temperatura y oxígeno disuelto con una sonda YSI mod. 58. También se deter-

Figura 1: Plano de situación de los puntos de muestreo y principales puntos de vertido de aguas residuales al Guadalquivir.
 Situation of the sampling points and main sewage effluents to the River Guadalquivir.

minó in situ el pH con pHmetro portátil CRISON mod.506. Las restantes variables analizadas fueron: conductividad (conductímetro RADIOMETER CDM 2e) y materia orgánica, DBO_5 , amonio, nitrito, nitrato y fosfato, según métodos usuales descritos en APHA,AWWA,WPCF (1980) y RODIER (1981). La clorofila a extraída con metanol durante 24 horas, en oscuridad y a 4°C, se calculó mediante la fórmula de Talling y Driver (VOLLENWEIDER, 1974).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la tabla 1 se expresan los valores medios y la desviación típica de las variables analizadas para un ciclo anual comprendido entre Marzo de 1985 y Abril de 1986, en todos los puntos muestreados, tanto en plea como en bajamar. En ella se aprecia que, de forma general, la conductividad aumenta ligeramente con la profundidad, lo que está en relación con la existencia de un agua mas salina y densa hacia el fondo, mientras que, por el contrario, las variables relacionadas con el proceso de autodepuración presentan sus máximos en superficie: oxígeno, pH, materia orgánica y clorofila a. Los nutrientes y la DBO_5 no muestran una pauta concreta respecto a la profundidad, variando según las características particulares de cada punto. Sin embargo estas variaciones superficie-fondo son de escasa entidad, lo que, unido al relativamente bajo número de muestras, hace que la comparación de los valores medios de todas las variables a 0 y 5 m. mediante el test t-Student no muestre diferencias significativas para $p \leq 0,05$, salvo en el caso del pH y oxígeno disuelto en el punto denominado San Jerónimo, tanto en plea como en bajamar.

En lo que se refiere a diferencias entre los puntos de muestreo, en la tabla 2 se recogen los valores del test t-Student que compara la media global de cada variable en los distintos puntos. Se aprecia que entre San Jerónimo y San Lázaro no hay diferencia significativa en ningún caso mientras que entre cualquiera de estos puntos y Torneo y Río siempre existe diferencia (significativa para $p \leq 0,05$) en pH, oxígeno disuelto y clorofila a. Esto se debe a que en el fondo de saco del meandro se dan las proliferaciones mas im-

Punto	Marea	Prof.	Temperat.	pH	Conductividad	Oxígeno	M. orgánica	DBO ₅	Clorof. a	Amonio	Nitrito	Nitrato	Fosfato
		(m)	(°C)		(mS/cm)	(mg O ₂ /l)	(mg O ₂ /l)	(mg O ₂ /l)	(mg/m ³)	(mg N/l)	(mg N/l)	(mg N/l)	(mg PO ₄ /l)
			$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s	$\bar{x}$ s
S. Jer.	P	0	20,3 6,1	7,8 0,4	1,28 0,16	7,8 4,7	6,8 2,1	8,1 6,8	98,0 97,1	0,83 0,92	0,223 0,103	2,13 0,66	0,59 0,77
"	P	2	20,0 5,9	7,7 0,3	1,29 0,16	6,2 3,3	6,6 2,0	7,7 6,7	95,5 99,3	0,83 0,68	0,224 0,102	2,00 0,66	0,72 0,97
"	P	5	18,7 5,8	7,5 0,2	1,30 0,19	3,8 2,1	5,5 1,4	4,3 2,2	74,7 91,8	1,04 0,86	0,226 0,119	1,87 0,60	0,60 0,45
"	B	0	22,6 6,0	7,9 0,5	1,19 0,10	9,2 5,3	7,0 2,1	6,5 2,4	95,4 73,1	0,71 0,48	0,189 0,099	1,88 0,71	0,31 0,29
"	B	2	22,0 5,7	7,6 0,2	1,21 0,11	5,9 3,1	6,2 1,6	6,1 2,8	85,3 59,3	0,76 0,44	0,205 0,096	2,06 0,59	0,40 0,34
"	B	5	21,2 6,7	7,4 0,2	1,22 0,12	2,5 2,5	6,2 1,9	5,2 2,8	56,1 42,5	1,05 0,53	0,189 0,103	2,06 0,53	0,64 0,51
S. Laz.	P	0	19,9 5,8	7,6 0,2	1,28 0,16	6,0 3,8	6,5 1,8	7,8 6,8	86,4 99,6	1,08 1,01	0,234 0,106	1,90 0,52	0,83 0,96
"	P	2	19,6 5,7	7,5 0,2	1,29 0,17	4,6 2,6	6,3 1,8	8,0 6,5	80,7 89,0	0,87 0,76	0,236 0,110	1,78 0,54	0,87 0,97
"	B	0	22,5 6,0	7,8 0,4	1,20 0,11	7,9 4,9	6,8 2,1	6,4 2,7	98,0 98,0	0,61 0,44	0,197 0,105	2,00 0,54	0,34 0,35
"	B	2	21,8 5,6	7,7 0,3	1,21 0,11	5,7 3,5	6,4 1,7	5,6 2,2	82,2 71,9	0,65 0,40	0,216 0,112	1,87 0,38	0,36 0,35
Torneo	P	0	19,4 5,7	7,5 0,1	1,27 0,19	3,7 1,6	6,7 2,3	8,0 6,8	48,4 47,2	0,94 0,60	0,273 0,140	1,84 0,54	1,09 1,07
"	P	2	19,2 5,6	7,5 0,1	1,27 0,20	3,4 1,5	5,8 1,6	7,6 6,3	43,5 39,6	0,90 0,42	0,250 0,118	1,85 0,53	1,07 1,10
"	P	5	19,1 5,9	7,5 0,1	1,28 0,22	3,8 2,5	6,1 1,7	8,0 7,1	32,6 21,6	0,79 0,22	0,249 0,110	1,99 0,64	1,37 1,92
"	B	0	21,9 5,8	7,6 0,3	1,20 0,13	5,5 3,0	6,9 2,3	6,7 4,8	72,1 48,1	0,86 0,78	0,242 0,114	1,75 0,45	0,57 0,67
"	B	2	21,5 5,6	7,5 0,2	1,21 0,13	4,0 2,4	6,4 1,8	4,9 1,8	72,6 48,3	0,70 0,44	0,238 0,121	1,89 0,43	0,52 0,45
"	B	5	21,6 4,4	7,5 0,1	1,23 0,15	2,9 1,7	6,7 2,1	7,2 1,7	70,1 59,1	0,68 0,42	0,301 0,100	1,63 0,42	0,52 0,50
Rfo	P	0	19,2 5,8	7,4 0,1	1,27 0,25	4,0 2,9	6,2 1,6	6,6 6,7	47,7 49,5	0,70 0,83	0,297 0,166	2,06 0,67	0,82 0,99
"	P	2	19,1 5,7	7,5 0,1	1,26 0,25	3,7 2,9	6,4 1,9	7,2 6,7	48,4 46,1	0,51 0,32	0,300 0,169	2,06 0,70	0,83 0,99
"	P	5	19,1 5,7	7,4 0,1	1,27 0,24	3,6 3,0	6,6 1,7	7,6 6,4	48,7 46,0	0,63 0,61	0,294 0,161	1,82 0,73	0,96 1,06
"	B	0	21,5 5,8	7,6 0,2	1,22 0,16	5,7 2,5	6,1 1,6	5,1 2,0	40,8 24,7	0,66 0,42	0,192 0,137	2,04 0,45	0,50 0,35
"	B	2	21,2 5,6	7,6 0,2	1,24 0,18	5,7 2,8	5,5 1,2	5,2 1,9	39,2 25,3	0,56 0,32	0,192 0,134	1,98 0,54	0,44 0,26
"	B	5	21,2 5,6	7,5 0,2	1,24 0,17	5,8 2,6	5,7 1,0	4,7 2,0	38,3 25,4	0,58 0,32	0,197 0,138	1,98 0,41	0,46 0,25

Tabla 1: Valores medios de las variables analizadas en todos los puntos de muestreo, tanto en plea como en baja-mar, para el período Marzo 1985-Abril 1986.

Average values of the variables analysed at all the sampling points, at high and low tide, during the period March 1985-April 1986.

portantes de fitoplancton, a las que se asocian claramente estas variables, lo que unido a que apenas se percibe influencia del agua que penetra del río con la marea, les diferencia netamente de los otros dos puntos de muestreo. Además San Jerónimo se diferencia significativamente de estos puntos en la menor concentración de nitrito, como resultado de una mejor oxigenación en este punto y también presenta diferencia significativa frente a Torneo por la mayor concentración de nitrato. El punto denominado Torneo se caracteriza por valores altos de amonio y fosfato, que reflejan el efecto de los vertidos que, esporádicamente, se realizan en él y, salvo en estas variables, se parece más al agua del río que a los otros puntos del meandro, ya que hasta su altura se percibe la importante entrada de agua del Guadalquivir durante la pleamar.

Si se prescinde de la variación temporal, el Análisis de Componentes Principales de los valores medios de la tabla 1 (Figura 2) pone de manifiesto, en primer lugar, las diferencias existentes entre plea y bajamar. El análisis discrimina, en el extremo positivo del eje I, las muestras correspondientes a pleamar en todos los puntos, caracterizadas por factores de carga altos para conductividad, DBO_5 , nitrito y fosfato mientras que las bajamares (extremo negativo del eje I) presentan en general mejores condiciones: más oxígeno, menos nutrientes y DBO_5 . Esto se debe fundamentalmente a que el agua que entra del Guadalquivir en pleamar arrastra una importante contaminación procedente de numerosos colectores de aguas residuales, sobre todo urbanas, de los pueblos de la margen derecha que vierten aguas abajo de la desembocadura del meandro (Figura 1).

	S.Jer.-S.Laz.	S.Jer.-Torneo	S.Jer.-Río	S.Laz.-Torneo	S.Laz.-Río	Torneo-Río
Temper.	-	0,53 ns	0,81 ns	0,47 ns	0,73 ns	0,29 ns
pH	0,53 ns	3,97 ***	3,95 ***	3,53 ***	3,51 ***	-
Conduct.	-	-	-	-	-	-
Oxígeno	0,74 ns	4,47 ***	3,11 **	3,52 ***	2,23 **	1,63 ns
M.orgán.	0,18 ns	0,28 ns	1,20 ns	0,26 ns	1,12 ns	0,88 ns
DBO_5	0,31 ns	0,22 ns	0,62 ns	0,08 ns	0,89 ns	1,24 ns
Clorof.	0,01 ns	2,80 **	3,76 ***	2,48 **	3,31 **	1,48 ns
Amonio	0,06 ns	-	1,61 ns	0,06 ns	1,54 ns	2,71 **
Nitrito	-	2,29 **	2,00 *	1,63 ns	1,44 ns	-
Nitrato	1,32 ns	2,30 **	-	0,45 ns	1,48 ns	1,91 *
Fosfato	0,73 ns	1,06 ns	1,34 ns	1,53 ns	0,43 ns	1,66 *

ns no significativa

* significativa para $p \leq 0,1$

** significativa para $p \leq 0,05$

*** significativa para $p \leq 0,01$

Tabla 2: Valores de t-Student y nivel de significación de las diferencias entre las medias globales de todas las variables en los diferentes puntos de muestreo.

Values of the Student's t test and level of significance of the difference between the mean of all the variables at the different sampling points.

El eje II separa, en su extremo positivo, San Jerónimo y San Lázaro a 0 y 2 m. (donde tiene lugar una autodepuración mas intensa) con factores de carga altos para pH, oxígeno disuelto, materia orgánica y clorofila a mientras que, en el extremo negativo, se sitúan las muestras correspondientes a Torneo y Río. En general, este eje II ordena los puntos según la profundidad y, en este sentido, se aprecia también en la gráfica que las mayores diferencias superficie-fondo se dan en los puntos del extremo ciego del meandro como consecuencia de la casi nula influencia del río y las mareas y de su alto grado de eutrofia derivado de la alta contaminación a que estuvieron sometidos

Figura 2: Análisis de Componentes Principales de los valores medios anuales de las variables en todos los puntos muestreados. Ordenación en el plano definido por los ejes I y II de los puntos de muestreo, en plea y bajamar.

PCA of the average annual values of the variables at all the sampling points. Arrangement on the plan defined by the I and II components of the sampling points, both a high and low tide.

Punto	Período	Prof. (m)	N inorg.tot.		N-NH ₄ ⁺		P-PO ₄ ⁻³		N/P	N in.tot. N amon.
			(μgat N/l)		(μgat N/l)		(μgat P/l)			
			$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s		
S.Jer.	84-85	0	215,2	39,2	109,1	45,8	25,5	19,6	8,4	1,9
"	"	2	212,6	40,6	113,8	54,4	34,3	34,1	6,2	1,8
S.Laz.	"	0	204,7	35,7	100,2	38,0	24,1	20,4	8,4	2,0
"	"	2	190,6	49,5	103,2	40,8	24,3	19,3	7,8	1,8
Torneo	"	0	197,1	51,7	99,1	47,2	20,9	17,5	9,4	1,9
"	"	2	197,1	43,8	100,6	39,2	19,7	16,7	10,0	1,9
S.Jer.	85-86	0	219,1	48,9	49,9	44,7	4,9	4,5	44,7	4,4
"	"	2	221,7	38,6	57,2	41,8	6,1	6,9	36,3	3,9
"	"	5	230,0	38,6	74,7	49,4	6,4	4,8	35,9	3,1
S.Laz.	"	0	208,1	37,1	53,1	44,4	5,5	4,3	37,8	3,9
"	"	2	201,7	39,1	55,4	46,4	5,1	4,4	39,5	3,6
Torneo	"	0	205,5	44,3	60,3	37,5	7,5	6,2	27,4	3,4
"	"	2	209,6	35,0	58,2	31,3	6,8	4,4	30,8	3,6
"	"	5	207,2	41,1	53,9	21,3	6,6	3,5	31,4	3,8

Tabla 3: Valores medios de N inorgánico total, N amoniacal y P de fosfatos y de las relaciones N inorg.tot./N amon. y N/P para los períodos 84-85 y 85-86 en los puntos del meandro.
Average values of total inorganic N, NH₄⁺-N y PO₄⁻³-P and of the total inorg. N/ammon.N and N/P ratios for the period 84-85 and 85-86 at the sampling points of the meander.

antes del cierre. Esto conlleva un fuerte desarrollo algal (hasta 440 mg/m³ de clorofila a, a final de primavera: Mayo-Junio) y frecuente sobresaturación de oxígeno (mas de 10 mg/l) que potencia una intensa autodepuración en superficie, actuando entonces este tramo del meandro de forma similar a una laguna de oxidación. El río siempre tiene la menor variación superficie-fondo ya que la corriente y las mareas homogeneizan mucho el perfil. En el caso de las pleamares, en este punto se presenta un orden casi inverso de las muestras debido a la importancia de la marea. También hay que destacar la disposición en V de los puntos de Torneo, tanto en plea como en bajamar, que se debe esencialmente al fuerte intercambio con el río cuyas aguas, mas frías en general, penetran por el fondo y también al efecto de los vertidos.

En lo que atañe a la evolución del meandro de un año a otro, la comparación de los datos medios del período 84-85 y 85-86 sugiere variaciones análogas entre superficie y fondo y entre plea y bajamar. No obstante, los valores de las variables mas relacionadas con el grado de eutrofia y la contaminación son mucho mas elevados en el período 84-85, en tanto que los valores de oxígeno, clorofila a y nitrato son inferiores. Este hecho queda patente en los valores medios de N inorgánico total, N amoniacal y fosfato y en las correspondientes relaciones N/P y N inorgánico total/N amoniacal para ambos períodos que se expresan en la tabla 3.

Se aprecia claramente en esta tabla el fuerte descenso de amonio y

	Prof.	Oxígeno		M.orgánica		Amonio		Nitrato		Fosfato	
		(mg O ₂ /l)		(mg O ₂ /l)		(mg N/l)		(mg N/l)		(mg PO ₄ /l)	
		$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s	$\bar{x}$	s
Pleamar con vertidos	0	3,62	1,37	6,81	1,70	1,13	0,73	1,86	0,20	1,53	1,57
	2	3,31	1,22	6,10	0,99	1,12	0,44	1,87	0,25	1,52	1,55
	5	4,01	2,18	5,86	1,28	0,85	0,28	1,92	0,29	1,92	1,69
Pleamar sin vertidos	0	3,99	1,83	6,70	2,97	0,86	0,44	1,82	0,79	0,73	0,51
	2	3,70	1,79	5,67	2,13	0,78	0,22	1,84	0,76	0,68	0,38
	5	3,38	1,38	6,37	2,47	0,68	0,33	2,10	1,04	0,65	0,31
Bajamar con vertidos	0	3,10	1,45	9,53	1,23	1,84	0,95	1,88	0,65	1,43	0,84
	2	1,83	0,80	8,43	0,96	1,25	0,25	2,08	0,65	0,96	0,70
	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bajamar sin vertidos	0	8,70	3,69	6,70	3,22	0,60	0,41	1,38	0,15	0,23	0,10
	2	6,56	1,96	6,43	2,09	0,54	0,39	1,69	0,17	0,27	0,18
	5	3,90	0,84	5,29	1,01	0,73	0,16	1,54	0,10	0,33	0,14

Tabla 4: Valores medios de las principales variables relacionadas con el nivel de contaminación en Torneo, considerando de forma independiente plea y bajamar, en momentos con y sin vertidos en dicho punto.
Average values of the main variables related to the level of pollution at the Torneo sampling point, separating high and low tide, at moments with or without sewage effluents.

fosfato, manteniéndose sustancialmente los valores de N inorgánico total, con predominio de las formas oxidadas de N en el 85-86, tal como se observa en la relación N inorg.total/N amoniacal. Estas reducciones de amonio y fosfato son de un orden de magnitud similar a las encontradas en la Dársena en los primeros años tras la retirada de su principal fuente de contaminación (TOJA y otros, 1984) y se cifran en un 55% para el N amoniacal y un 70% para los fosfatos, como promedio.

Hay que señalar que existe una fuerte fluctuación inicial de las variables, fluctuación que se atenúa con el tiempo, de modo similar a lo que ocurre en otras masas de agua muy contaminadas sobre las que actúa un proceso de autodepuración relativamente intenso, por ejemplo los primeros cuerpos de una laguna de oxidación (EMASESA, 1985). De hecho, la mejoría producida es rápida pues en el estudio realizado por SANCHEZ y GRANADO (1985), que abarcaba el período Noviembre 1983-Mayo 1984, cuando todavía se recibían importantes vertidos dentro del meandro, se constataba que el agua del río tenía mejor calidad que la del meandro, relación que, en la actualidad, se ha invertido. Además estos autores encontraban anoxia prácticamente continua desde 1 m. de profundidad hasta el fondo, lo cual tampoco ocurre ahora, salvo en contadas ocasiones. Por supuesto, los valores de materia orgánica y nutrientes citados por ellos superan a los registrados en este estudio.

Sin embargo, todavía queda un punto conflictivo dentro del meandro que es el denominado Torneo, pues a su altura existe un colector de aguas residuales que ha sufrido aperturas, de forma errática, durante el período de muestreo. La comparación de los valores medios de los principales parámetros

indicadores de contaminación, tanto en pleamar como en bajamar, en momentos sometidos o no a vertidos (tabla 4) muestra que, sistemáticamente, los vertidos empeoran las condiciones en este punto, aumentando los valores de materia orgánica, amonio y fosfato fundamentalmente. Sin embargo, dado el bajo número de casos promediados y con desviación típica alta, la comparación de estos valores medios en momentos con y sin vertido mediante t-Student no proporciona valores significativos en ningún caso. Se observa no obstante en la tabla que, cuando los vertidos se realizan durante la pleamar, su efecto es menos notorio que durante la bajamar dado el volumen de agua que está entrando que, aunque de baja calidad, supone una fuerte renovación del agua de este tramo. Por el contrario, en los momentos sin vertido, la pleamar presenta peores características que la bajamar pues entonces se aprecia más el efecto del mal estado del río que se ha señalado anteriormente.

Ante los resultados expuestos resulta esperanzadora la evolución sufrida por esta masa de agua en los últimos dos años. De todas formas, sería necesario suprimir por completo los vertidos en Torneo para posibilitar la mejoría de este tramo. En todo caso resulta difícil una mejora definitiva del meandro debido a su conexión a un río contaminado con una importante entrada de agua del mismo, sin posibilidad de regulación, durante la pleamar. También la mejoría es lenta ya que se trata de una masa de agua de escasa profundidad y rica en nutrientes bajo un clima de alta radiación lo que condiciona una enorme productividad fitoplanctónica que reincorpora materia orgánica al sistema. En cualquier caso, cara a 1992, puede llegar a ser necesario adoptar medidas que coadyuven a una mejora más rápida de la calidad del agua como podrían ser el dragado de aquellos tramos donde se acumula mucho sedimento orgánico, la oxigenación en puntos conflictivos, etc.

BIBLIOGRAFÍA

- ANDREWS, M.J. (1984). Thames Estuary: Pollution and recovery. En: Effects of pollutants at the ecosystem level. (Sheehan, P.J.; Miller, D.R.; Butler, G.C.; Bourdeau, Ph. edit.). John Wiley and Sons Ltd. pp 159-227.
- ANDREWS, M.J.; RICKARD, D.G. (1980). Rehabilitation of the Inner Thames Estuary: Marine pollution bulletin 11, 327-332.
- APHA, AWWA, WPCF. (1980). Standard methods for the examination of water and wastewater. American Public Health Assoc. 15 ed. Washington. 1134 pp.
- EMASESA (1985). Aplicación de tecnologías blandas en el Centro Experimental de Aguas Residuales de Ranilla. Ayuntamiento de Sevilla. 59 pp.
- GRANADO, C.; SANCHO, F. (1985). Bases ecológicas para la gestión de la Corta de la Cartuja (Río Guadalquivir, Sevilla). Estudios territoriales 17, 221-42.
- RODIER, J. (1981). Análisis de las aguas. Edit. Omega. Barcelona. 1059 pp.
- SANCHO, F.; GRANADO, C. (1985). Ecología de la Corta de la Cartuja. Ayuntamiento de Sevilla. Área de medio ambiente. 86 pp.
- TOJA, J. (1985). Pasado, presente y futuro de la calidad del agua del Río Guadalquivir y su Dársena. En: El Río. El bajo Guadalquivir. (Equipo 28 ed.) pp. 161-167.
- TOJA, J.; GONZALEZ RULL, J.A.; RAMOS, D. (1984). Recuperación de la Dársena del Guadalquivir tras la retirada de la mayor fuente de contaminación. Limnética 1(1), 256-262.
- TOJA, J.; LOPEZ, T.; GUISANDE, C.; BRIEVA, C. (1986). Ecología del estuario del Río Guadalquivir. Actas del II Simposio sobre el Agua en Andalucía. p. 523-32.
- VOLLENWEIDER, R.A. (1974). A manual on methods for measuring primary production in aquatic environments. IBP Handbook nº 12. 2ª ed. Blackwell Sci. Publ. Oxford. 225 pp.