

RECUPERACION DE LA DARSENA DEL GUADALQUIVIR TRAS LA ELIMINACION DE SU MAYOR FUENTE DE CONTAMINACION

J. Toja, J. A. González-Rull, D. Ramos

Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de Aguas de Sevilla (EMASESA)

Palabras Clave: Entrophication, Guadalquivir river (Spain).

ABSTRACT

RESTORATION OF THE GUADALQUIVIR'S INNER HARBOUR AFTER WHITHDRAWAL OF THE MAIN SOURCE OF POLLUTION

The Guadalquivir's inner harbour is the old bed of the river which used to flow through Seville. Now, because the river has been diverted, it is a stagnant branch in which the harbour is situated. There is a lock that allows ships to enter. Outside the lock, the Guadaira river, which receives most of the sewage water of Seville, used to join the Guadalquivir. The Guadaira was diverted in september of 1980.

From 1973 to 1982, several studies of the Guadalquivir's inner harbour have been made. The evolution of water quality after the diversion of the waters of the Guadaira river is the subject of this paper.

In recent years, a clear tendency to improvement has been observed. There was a reduction of the nutrients concentrations, especially phosphorus (between 85 and 97%) and ammonia (more than 97%). Also, there was an increase of dissolved oxygen with more of 6 mg/l in the most of the inner harbour both in surface and depth samples.

INTRODUCCION

La Dársena es el antiguo cauce del río Guadalquivir que atraviesa la ciudad de Sevilla y que, actualmente, por desviación del río, ha quedado como un brazo ciego del mismo en el que está enclavado el puerto de Sevilla y que comunica con el actual cauce mediante una esclusa que permite la entrada y salida de los barcos (Figura 1). La Dársena, desde su construcción en 1946, ha suscitado numerosas polémicas por lo que, aunque la calidad de sus aguas no es objeto de la gestión directa de la Empresa Municipal de Abastecimiento y Saneamiento de aguas de Sevilla dado el interés que para la ciudad tiene este tema, en 1973 se tomó la iniciativa de estudiar la evolución de este problema. Los primeros resultados indicaban que, si bien la calidad de las aguas no era muy buena,

era mucho mejor, durante la mayor parte del año, que la del agua que circulaba por el río Guadalquivir (Informes de EMASESA, 1973-75).

La razón de que el equilibrio dentro de la Dársena fuera precario no se debía a que las aguas estuvieran estancadas, sino al tipo de aguas que recibía. Los vertidos directos a la Dársena están prohibidos pero, fuera de ella, a escasos metros de la esclusa, desembocaba el Guadaira, afluente del Guadalquivir que recibe más del 75% de las aguas residuales de Sevilla, por lo que está extraordinariamente contaminado. Cada vez que se abría la esclusa para permitir la entrada o salida de barcos, una cierta porción de agua contaminada penetraba en la Dársena. Este aporte continuo de aguas residuales, era el verdadero determinante del mantenimiento del alto nivel de eutrofia de las aguas de la Dársena.

Limnética 1: 256-262 (1984)

© Asociación Española de Limnología, Madrid, Spain

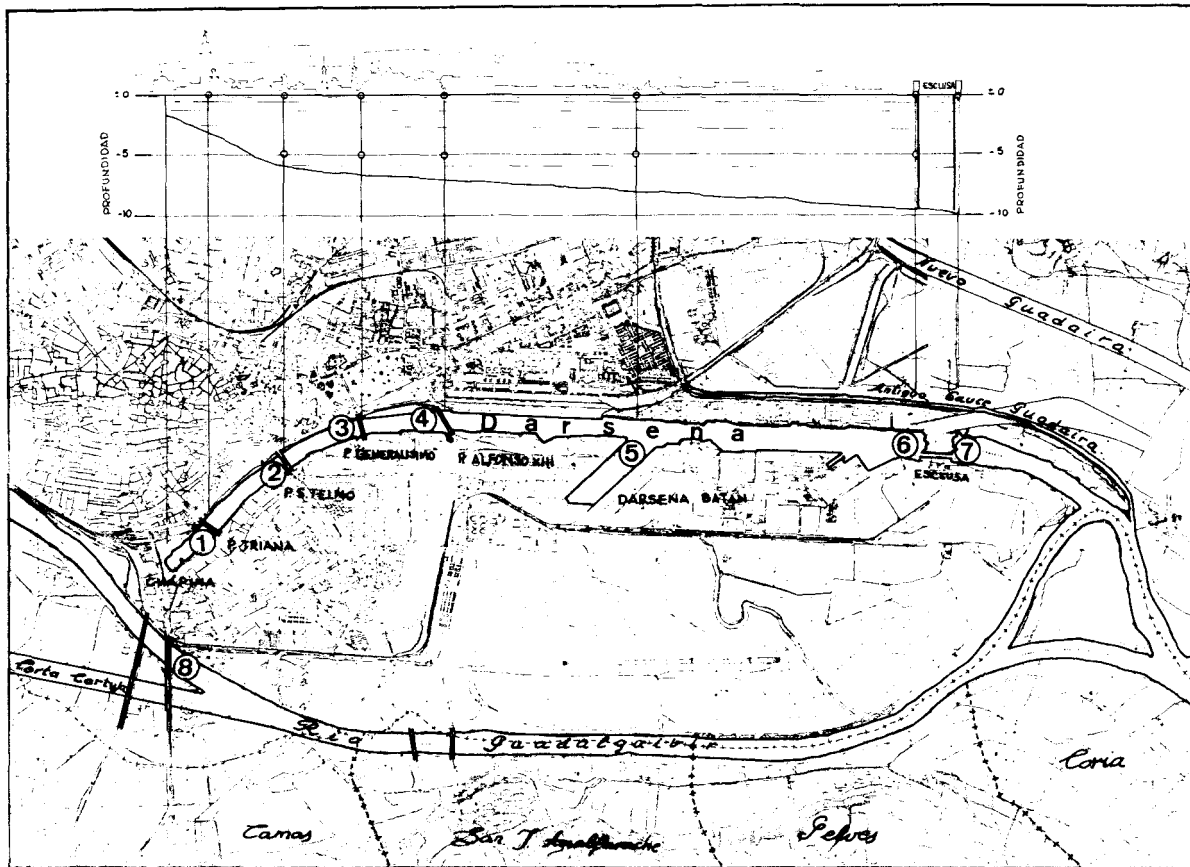


Figura 1.- Situación de los puntos de muestreo en el río Guadalquivir y su Dársena
 Situation of the sampling in the Guadalquivir river and inner harbour.

El resultado de los muestreos realizados durante los años 1973 a 1975, llevó a la conclusión de que cualquier medida, de las que se habían sugerido, encaminada a mejorar la calidad de las aguas, como tratamiento con coagulantes (Benndof, *et. al.*, 1981), oxigenación artificial (Bernhardt *et. al.*, 1975), dragado y otros (Vollenweider, 1982), debía pasar previamente por la eliminación de la fuente de contaminación que significaban las aguas del Guadaira. Esta eliminación se enmarca dentro del Plan Integral de Saneamiento de aguas residuales de Sevilla que consta de dos fases:

- 1.-Desviación del Guadaira con la construcción de un nuevo cauce que desembocara 20 K m aguas abajo de la confluencia. Esta fase se finalizó en septiembre de 1980, por obras efectuadas por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.
- 2.-Depuración total de las aguas residuales de Sevilla mediante 4 depuradoras de las que dos están en funcionamiento, una en construcción y la cuarta en

proyecto.

La evolución que ha seguido la Dársena después de la desviación del Guadaira es el objeto del presente trabajo.

MATERIAL Y METODOS

Las muestras se tomaron durante el periodo 1973-75 con una periodicidad quincenal. A partir de entonces y hasta 1980 (retirada del Guadaira) los muestreos fueron esporádicos (aproximadamente cada 3 o 4 meses). Desde septiembre de 1980 hasta el momento presente la periodicidad ha sido mensual. Se establecieron 8 puntos de muestreo (Figura 1), 2 fuera de la Dársena (7 y 8) y 6 dentro. En estos y allí donde la profundidad lo permite (2 a 6) se tomaron muestras en superficie y a 5 m de profundidad. El muestreo se realizó siempre entre las 9 y las 11 horas solares. "In situ" se midieron la temperatura (con termómetro), el pH (con comparador

Degremont), y la transparencia con el disco de Secchi. Las muestras para el análisis de oxígeno y sulfuro se fijaron con los reactivos correspondientes en el momento de la toma. Las muestras para los demás análisis, salvo la determinación de la D.B.O., y los pigmentos fotosintéticos, se fijaron con unas gotas de cloroformo hasta su posterior análisis en el Laboratorio, con una demora que nunca sobrepasó las 72 horas. La conductividad se midió con conductivímetro RADIOMETER CDM 2e. La D.Q.O. se determinó por permanganometría en medio ácido (APHA AWWA VPCP, 1973). La D.B.O. se obtuvo por diferencia de la concentración de oxígeno antes y después de la incubación de las muestras a 20°C durante 5 días (APHA AWWA VPCP, 1973). En el resto de los demás parámetros químicos se utilizaron los mismos métodos que en Margalef *et. al.*, (1976).

Para el análisis de pigmentos fotosintéticos se filtraron 250 ml. de agua con un filtro WATMAN GF/C. La extracción se realizó en metanol durante 24 horas a 4°C. en la oscuridad. Para el cálculo de la concentración de clorofila "a" se utilizó la fórmula de Talling &

Driver (en Vollenweider, 1969).

A partir de 1975, y dada su escasa variabilidad, se simplificó el análisis de la salinidad suprimiendo el análisis de sulfato, cloruro, calcio, magnesio, sodio y potasio, manteniendo únicamente la determinación de la conductividad y de la reserva alcalina.

RESULTADOS

La información reunida se ha tratado de resumir en una tabla, en la que se han expresado las medias y los intervalos de confianza de algunos de los parámetros analizados (los susceptibles de mayor variación), en los periodos anterior (Tabla I) y posterior (Tabla II) a la desviación del Guadaira.

Comparando los resultados obtenidos en las muestras de superficie y fondo, se observa que no hay diferencias significativas en la mayoría de los parámetros, indicando que toda la masa de agua se encuentra normalmente perfectamente mezclada, probablemente por la turbulencia creada por la navegación (que es constante hasta el punto de muestreo nº 3).

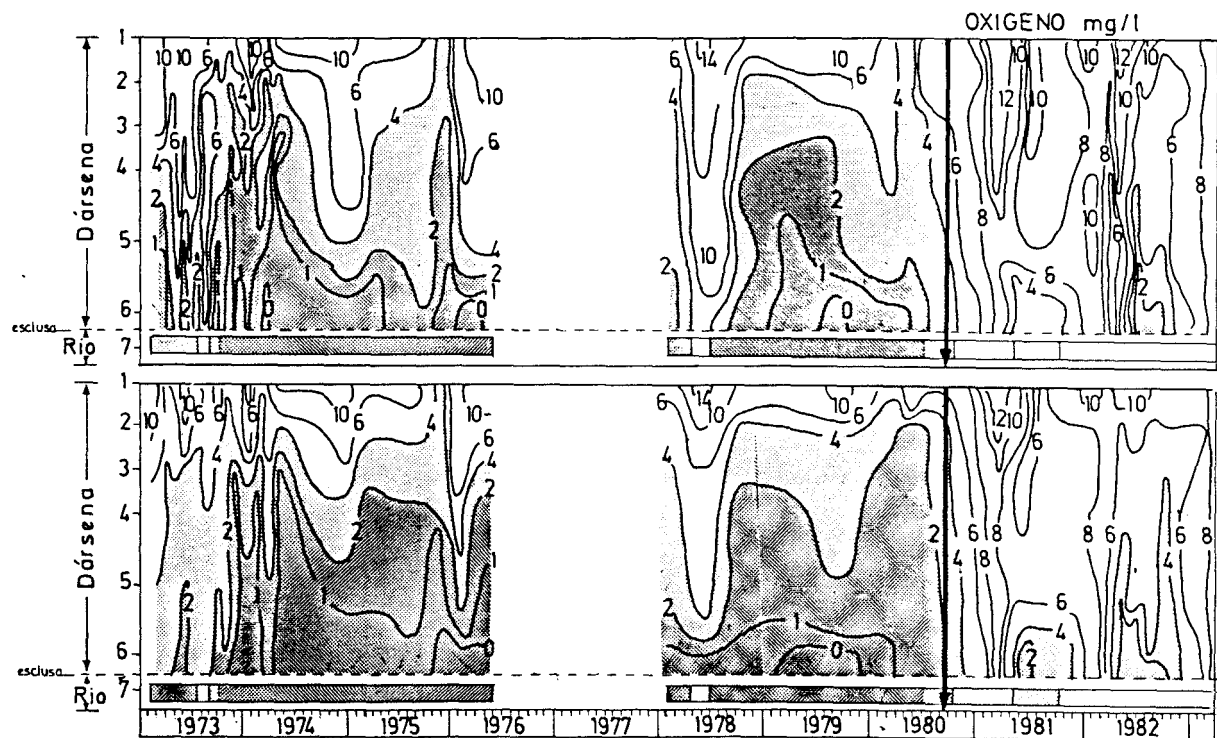


Figura 2.- Distribución en el espacio y el tiempo de la concentración de oxígeno disuelto en superficie (arriba) y en profundidad (abajo). Se ha sombreado las zonas con concentración inferior a 4 mg/l. La evolución entre 1976 y 1980 es aproximada, dado el distanciamiento de los muestreos. La desviación del Guadaira se ha señalado mediante una flecha.

Distribution of the dissolved oxygen according to space and time in surface (above) and depth (below). The zone in which the concentration is lower than 4 mg/l have been shaded. In the period 1976-80, the evolution is approximated, because there were only a few samples. The diversion of the Guadaira have indicated by an arrow

Tabla I.- Concentraciones medias e intervalo de confianza (para el 99%) de algunos parámetros en el periodo anterior a la desviación del Guadaira.

Average concentrations and confidence limits (for the 99%) in some parameters analyzed before the diversion of the Guadaira river.

		Res. Alcal.	pH	Oxígeno	Nitrato	Nitrito	Amonio	Fosfato	D.Q.O.	D.B.O. ₅	Clorofila "a"	
		meq./l		mg/l		mg-at N/l		mg-at P/l	mg/l	mg/l	mg/m ³	
A B C D E F G	1. CHAPINA	3,74 3,38-4,09	8,02 7,80-8,23	8,15 6,50-9,80	166,77 107,6-225,8	18,49 13,3-23,9	97,2 41,1-153,2	28,20 20,2-36,2	12,17 10,2-14,1	8,49 6,38-10,6	167,80 119,6-215,9	
	2. S. MENDO	Sup.	3,68 3,30-4,06	7,84 7,62-8,05	5,79 4,10-7,47	143,90 96,5-191,2	15,22 9,5-20,9	128,22 49,3-207,2	36,27 26,4-46,2	11,31 9,1-13,5	7,96 5,62-10,3	144,90 98,9-190,9
		Fondo	4,14 3,41-4,86	7,68 7,22-8,13	3,98 1,19-6,76	106,30 15,8-196,7	13,08 0,1-26,2	160,97 66,8-255,1	36,22 12,4-60,0	11,90 9,3-14,5	7,47 5,04-9,9	105,33 43,3-167,3
	3. GENERALISIMO	Sup.	3,64 3,26-4,01	7,74 7,53-7,94	5,08 3,27-6,88	169,50 123,3-215,7	17, 11,4-24,1	166,96 71,3-263,6	37,91 27,5-48,6	11,08 9,1-13,1	7,74 5,24-10,2	135,56 90,6-163,5
		Fondo	3,64 3,27-4,00	7,64 7,48-7,79	3,13 2,32-3,33	162,59 114,9-210,2	17,4 10,8-24,1	195,95 77,9-314,0	39,56 28,6-50,4	11,31 9,2-13,4	8,47 5,89-11,1	106,13 84,4-122,8
	4. ALFONSO XIII	Sup.	3,66 3,25-4,06	7,66 7,49-7,82	4,49 2,92-7,28	168,03 116,8-219,2	18,56 10,9-26,2	246,10 124,5-367,6	4,71 28,4-55,0	11,32 9,4-13,2	8,4 5,89-10,7	142,75 103,6-190,1
		Fondo	3,77 3,30-4,23	7,48 7,23-7,73	2,28 0,62-3,94	167,85 94,9-240,7	17,62 4,1-31,1	270,50 199,4-341,6	38,77 14,5-63,0	13,94 9,1-18,8	9,72 5,29-14,1	106,45 38,7-174,1
	5. D. BATAN	Sup.	4,37 3,99-4,74	7,57 7,29-7,85	4,73 1,74-7,71	103,17 43,6-162,7	1,7 1,7-17,8	330,70 19,9-641,4	37,95 12,9-63,0	13,65 10,5-16,7	11,14 6,41-15,8	154,91 57,1-252,8
		Fondo	4,34 3,78-4,89	7,56 7,41-7,70	2,67 0,53-4,80	104,01 14,1-133,9	5,07 1,2-8,3	352,3 16,6-688,0	40,81 17,8-63,7	14,09 9,8-18,4	10,60 4,38-16,9	94,93 46,9-141,9
	6. ESCLUSA	Sup.	4,26 3,8-4,69	7,44 7,31-7,56	1,60 0,57-2,62	97,70 47,8-147,5	27,11 12,8-41,4	533,6 338,8-728,5	46,41 35,3-57,5	15,09 12,1-18,0	10,28 6,96-13,7	111,60 73,8-149,4
		Fondo	4,26 3,79-4,72	7,40 7,29-7,50	0,96 0,54-1,38	105,60 51,2-159,9	23,93 13,4-34,5	609,51 370,3-848,7	46,94 35,7-58,2	14,48 11,5-17,5	9,69 7,00-12,4	103,11 69,5-136,7
	7. ANTEESCLUSA	Sup.	4,64 4,35-4,92	7,56 7,44-7,68	1,56 0,25-2,87	40,11 0,6-79,6	6,68 0-14,4	542,09 343,6-740,6	42,32 30,9-63,7	18,68 14,4-22,9	13,54 9,45-17,6	106,32 47,2-165,4
Fondo		4,21 3,82-4,59	7,62 7,50-7,74	2,92 1,44-4,39	67,89 36,5-99,2	13,07 6,4-19,6	115,95 72,6-159,3	9,15 4,6-13,6	13,32 8,9-17,7	10,02 6,38-13,6	20,19 11,1-29,3	

Llama sobre todo la atención el hecho de que la concentración de clorofila sea, en la mayor parte de los muestreos, muy similar e incluso a veces superior en el fondo que en la superficie. Pero hay que suponer que esta clorofila está inactiva, ya que la profundidad de visión del disco de Secchi oscilaba entre 0,25 y 0,5 m. antes de la desviación del Guadaira y posteriormente, aunque ha aumentado, no sobrepasa 1 m. en ningún caso. Una sola determinación de productividad primaria, realizada en la primavera de 1976, utilizando ¹⁴C., indicaba que a 2 m. de profundidad ya era superior la respiración a la producción. De todas formas es posible suponer que las células que, en el momento del muestreo, se recogieron en el fondo en algún momento de su vida, a causa de la turbulencia antes mencionada, se encuentran en la superficie y puedan realizar la fotosíntesis. Avala esto el hecho de que tampoco se encuentran grandes diferencias en el valor del índice de pigmentos D₄₃₀/D₆₆₅ (Margalef, 1960).

La comparación global de los resultados obtenidos antes y después de la desviación del Guadaira indican

una clara mejoría de la calidad del agua dentro de la Dársena, mejoría que también es notoria en la zona del río inmediata a la esclusa (punto 7). Los efectos en el otro punto del río no son tan notables, ya que aunque este punto ya recibe menos aporte de aguas contaminadas procedentes del Guadaira (que llegaban a él por la acción de las mareas) se ha visto también sometido al fuerte estiaje provocado por la sequía padecida en los últimos años, no evacuando convenientemente los aportes de aguas residuales que recibe aguas arriba.

En la Figura 2, se ha representado la evolución de la concentración de oxígeno disuelto en superficie y profundidad de toda la Dársena. Se observa que aunque este parámetro es quizás el que mayores diferencias ofrece entre la superficie y el fondo (normalmente de unos 2 mg/l) la evolución en ambas profundidades es muy similar. A partir de la retirada del Guadaira, además de que se atenúan las diferencias entre ambas profundidades, se observa un claro aumento. Sólo a finales de 1982, en la zona portuaria (puntos 5 y 6)

Tabla II.- Concentraciones medias e intervalo de confianza (para el 99%) de algunos parámetros en el periodo posterior a la desviación del Guadaira.

Average concentrations and confidence limits (for the 90%) in some parameters analyzed after the diversion of the Guadaira river

		Res. Alcal. meq./ l	pH	Oxígeno mg/l	Nitrato	Nitrito µg-at N/l	Amonio	Fosfato µg-at P/l	D.Q.O. mgO ₂ /l	D.B.O.5 mgO ₂ /l	Clorofila ^a mg/m ³	
D Á R S E N A	1. CHAPINA	3,31 3,03-3,59	8,05 7,77-8,33	9,41 7,55-11,3	109,91 66,6-153,2	19,30 6,8-31,7	16,40 3,6- 29,2	3,03 0,09- 5,9	10,30 7,79-12,8	6,95 4,12- 9,7	94,25 45,0-143,5	
	2. S. THMO	Sup.	3,34 3,07-3,61	7,31 7,66-8,16	8,06 6,12-9,99	116,90 68,0-165,8	19,94 5,4-34,6	12,13 2,5-21,7	2,14 0,59- 3,7	9,90 2,08-17,7	6,21 3,92- 8,5	91,43 44,4-138,5
		Fondo	3,42 3,14-3,69	7,59 7,36-7,81	7,19 5,46-8,91	100,36 48,3-152,5	21,30 5,4-42,5	17,69 5,0-30,4	4,27 1,57- 6,9	9,62 7,59-11,6	5,98 3,55- 8,4	75,5 45,2-105,8
	3. GENERALISIMO	Sup.	3,35 3,08-3,61	7,79 7,55-8,01	8,07 6,24-9,90	105,32 55,9-154,7	16,29 4,6-27,9	13,71 3,4-24,0	3,45 0,95- 5,9	10,381 7,80-12,9	7,19 4,38- 9,9	92,00 39,9-144,3
		Fondo	3,43 3,11-3,74	7,62 7,40-7,83	5,99 4,69-7,28	113,88 61,8-165,9	16,56 3,3-29,7	13,71 4,5-22,9	3,81 1,04- 6,6	9,80 7,79-12,8	5,68 4,19- 7,2	74,81 44,4-108,2
	4. ALFONSO XIII	Sup.	3,30 3,09-3,50	7,72 7,49-7,74	7,76 5,93-9,58	127,35 78,7-176,0	11,21 5,5-16,9	11,67 3,3-20,1	4,04 0,40- 7,7	9,931 7,87-12,0	6,94 4,47- 9,1	101,60 60,8-142,3
		Fondo	3,37 3,06-3,67	7,54 7,44-7,63	6,68 5,09-8,26	129,58 69,6-189,5	11,04 4,0-18,1	12,65 3,8-21,4	3,68 0,31- 7,0	10,26 12,0-12,9	7,48 4,32-10,6	91,09 52,4-129,7
	5. D. BATAN	Sup.	3,19 2,44-3,88	7,65 7,43-7,87	7,39 5,87-8,90	146,78 83,9-209,6	17,83 6,7-28,9	14,56 5,2-23,9	5,38 0,57-10,2	9,74 7,93-11,5	8,12 4,67-11,5	109,89 69,6-150,2
		Fondo	3,33 3,02-3,63	7,48 7,37-7,58	6,20 4,71-7,69	130,20 78,2-181,9	19,31 6,7-31,8	15,19 4,6-25,8	4,96 2,17- 7,7	9,46 7,54-11,3	7,21 4,64- 9,8	87,20 51,9-122,4
	6. ESCLUSA	Sup.	3,31 2,95-3,63	7,50 7,29-7,71	4,99 3,14-6,83	132,12 75,4-188,8	24,64 10,7-39,2	19,42 5,1-33,7	6,47 1,29-11,6	8,931 7,42-10,4	7,27 5,49-9,05	98,84 57,0-140,6
		Fondo	3,32 2,99-3,65	7,40 7,26-7,53	4,23 2,33-6,13	135,46 77,0-139,9	29,43 2,5-56,3	25,06 2,4-47,7	8,39 2,18-14,6	9,17 7,41-10,9	6,55 3,81-9,28	74,12 37,87-110,4
	R I O	7. ANTEESCLUSA	3,64 3,29-3,98	7,61 7,40-7,82	5,28 4,14-6,41	92,46 54,8-130,2	27,62 12,2-43,0	32,52 11,5-53,5	8,84 3,92-13,7	9,85 7,79-11,9	7,66 5,35- 9,9	78,30 40,0-116,5
8. PATROCINIO		3,87 3,42-4,51	7,49 7,41-7,57	3,86 1,98-5,73	43,77 17,7-69,8	12,10 4,0-20,2	69,09 26,7-111,4	16,20 6,06-26,3	10,72 6,85-14,6	9,39 4,76-14,0	48,17 23,3- 73,0	

se observa un descenso en la concentración de oxígeno que no se corresponde con otro similar al otro lado de la esclusa. La razón de este descenso hay que buscarla en el dragado que se estaba realizando desde el mes de Septiembre por necesidades del servicio del puerto y que produce una remoción de los sedimentos.

La reducción de nutrientes también ha sido espectacular, como se observa en la Figura 3. Hay también un ligero aumento en la concentración de fósforo en la zona portuaria al final de 1982, que tiene la misma causa que la reducción de oxígeno. Comparando las concentraciones de este elemento en los meses de Enero estudiados se observan fuertes reducciones desde el momento de la desviación del Guadaira: del orden de un 49 a un 62% en 1981, entre un 96 y un 97% en 1982 y de un 84 a un 97% en 1983, con respecto a la media en cada punto de muestreo en los años anteriores a la retirada de la contaminación. En el caso del nitrógeno inorgánico total la reducción es menos llamativa, pero sí lo es y mucho la del nitrógeno combinado como amonio, compuesto en el

que observan reducciones superiores al 97%. (Tabla III).

Tabla III.- Concentración máximas y mínimas de fósforo y nitrógeno en toda la extensión de la Dársena durante los meses de Enero de algunos años estudiados. - Maximun and minimum concentrations of the phosphorus and azote during the month of January in several of the years studied.

	N.inorg.total µg-at N/l	N.NH ₄ µg-at N/l	P.PO ₄ µg-at P/l
1973	580 - 1 200	148 - 982	78 - 90
1974	584 - 1 100	365 - 1 100	40 - 68
1975	331 - 558	79 - 336	10 - 24
1976	276 - 580	162 - 564	20 - 47
1978	256 - 580	138 - 575	40 - 80
1980	227 - 1 487	133 - 1 477	33 - 65
1981	169 - 289	3 - 4	10 - 32
1982	35 - 82	2 - 3	1 - 6
1983	74 - 174	9 - 14	1 - 10

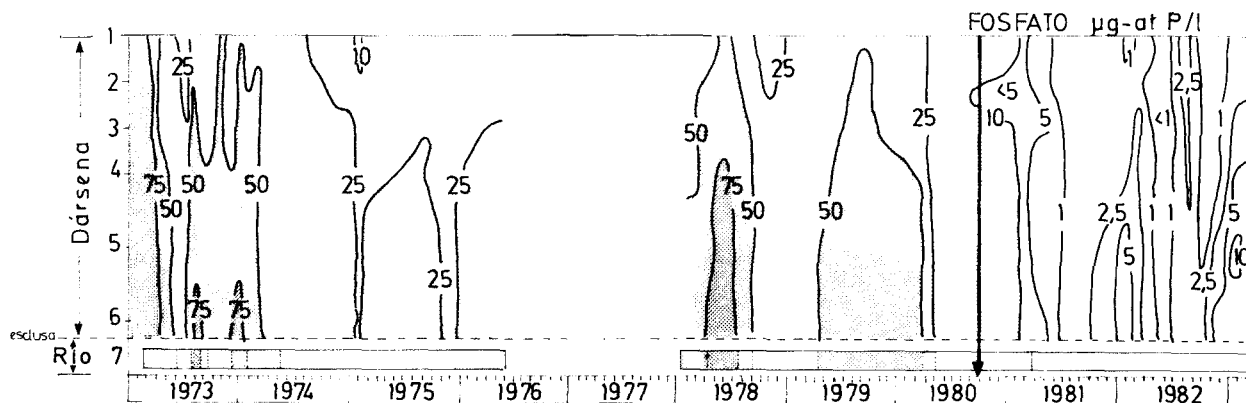


Figura 3.- Distribución en el espacio y el tiempo de la concentración de fofstato en superficie. Se han sombreado las zonas con concentración superior a $10 \mu\text{g-at P.P.O}_4/\text{l}$. La evaluación entre 1976 y 1980 es aproximada dado el distanciamiento de los muestreos, la desviación del Guadaira se ha señalado mediante una flecha.

Distribution of the phosphate concentrations according to space and time in surface. The zone in which the concentration is upper than $10 \mu\text{g-at P.P.O}_4/\text{l}$ have been shaded. In the period 1976-80, the evolution is approximated, because there were only a few samples. The diversion of the Guadaira have been indicated by an arrow.

Estas reducciones de nutrientes son del mismo orden que las obtenidas en ensayos de laboratorio con el tratamiento con sulfato de aluminio de muestras del agua existente en la Dársena en 1974 (Informe de E M A S E S A, 1975).

Sin embargo, la concentración de clorofila todavía sigue siendo bastante alta, aunque ha experimentado una reducción apreciable. No obstante, a pesar del descenso, la concentración de nutrientes en el agua todavía es relativamente alta, por lo que en algunos momentos puede haber proliferaciones de algas (Fig. 4).

CONCLUSIONES

Aunque aun es pronto para evaluar el tiempo que necesitará la Dársena para alcanzar el nuevo equilibrio después de la eliminación de su mayor fuente de contaminación, se observa ya una clara mejoría en las características generales, sobre todo en lo que se refiere a un aumento en la concentración de oxígeno disuelto y a una disminución en la concentración de nutrientes (especialmente fósforo y nitrógeno amoniacal). Todavía la concentración de clorofila que

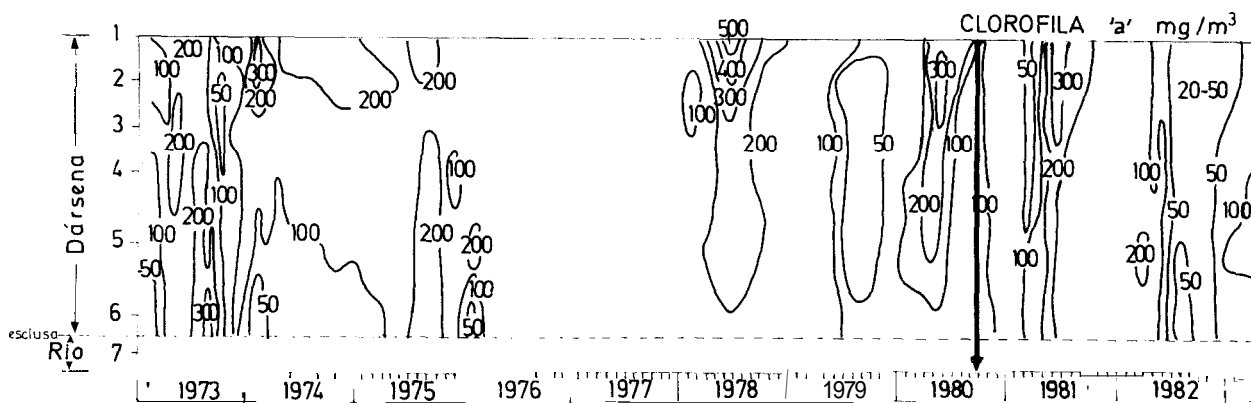


Figura 4.- Distribución en el espacio y el tiempo de la concentración de la clorofila u en superficie. La evolución entre 1976 y 1980 es aproximada, dado el distanciamiento entre los muestreos. La desviación del Guadaira se ha señalado mediante una flecha.

Distribution of the chlorophyll u concentrations according to space and time. In the period 1976-80, the evolution is approximated because there were only a few samples. The diversion of the Guadaira have been indicated by an arrow.

se detecta es alta, pero es del orden de los 2/3 de la normal en años anteriores. La oxidabilidad (D.Q.O.) sigue también alta, pero parece que cada vez se debe más a materia orgánica de origen fitoplanctónico que fecal, ya que la D.B.O., ha disminuido también sensiblemente en los últimos muestreos.

De todas formas, aun no se ha estabilizado completamente y la evolución continua, por lo que es de esperar que la calidad del agua mejore aun más. Además, ahora es posible detectar perturbaciones (como el efecto del dragado), la incidencia de pequeños vertidos (algunos barcos e industrias), así como calibrar el impacto que significa la situación general del río (afectado periódicamente por los residuos de la molienda del aceite y los azúcares), fenómenos que antes era imposible apreciar al quedar enmascarados por la contaminación procedente del Guadaira.

El ritmo de recuperación de una buena calidad del agua es lo suficientemente rápido como para tener la esperanza de que no sea necesario tomar otras medidas para ayudar a esta recuperación, como tratamiento con coagulantes, dragado u oxigenación artificial, como se ha sugerido por diversas entidades interesadas en la mejora de la calidad de las aguas de la Dársena.

BIBLIOGRAFIA

- APHA, AWWA, VOCP., 1973.- Métodos estándar para el análisis de aguas y aguas de deshecho. Ed. Interamericana. México.
- Benndorf, J.; Uhlmann, D.; Putz, K. 1981.- Stratégies du gestion de la qualité de l'eau dans le reservoir de la République Démocratique Allemande. Bull. de la qualité des eaux. VI (3): 67-72.
- Bernhardt, H.; Wilhelms, A., 1975.- Hypolimnetic aeration a means for controlling redox processes in the bottom of a eutrophic reservoir. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 19: 1957-1956.
- González Rull, J.A.; Ramos, D. & Toja, J. 1973.- Informes sobre la Dársena del Guadalquivir. Vols. I al IV. Publ. de EMASESA. Sevilla.
- Margalef, R. 1960.- Valeur indicatrice de la composition des pigments du phytoplancton sur la productivité, composition taxonomique et propriétés dynamiques des populations. *Rapp. Proc. Verb. CIESMM.*, 15(2): 277-281.
- Margalef, R.; Planas, D.; Armengol, J.; Prat, N.; Vidal, A.; Guiset, A.; Toja, J. & Estrada, M., 1976.- Limnología de los embalses españoles. Vol. I. Dpto. Ecología Univ. de Barcelona. M.O.P. Madrid.
- Vollenweider, R.A., 1969.- Primary production in aquatic environments. I.B.P. Handbook 12. Blackwell. Oxford: 213 pp.
- Vollenweider, R.A., 1982.- Eutrophisation des eaux. Methodes de surveillance, d'évaluation et de lutte. O.C.D.E. Paris: 1964 pp.