

LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RIO GUADIAMAR Y DE LOS ARROYOS DE LA ROCINA Y EL PARTIDO EN LAS PROXIMIDADES DE DOÑANA. SW DE ESPAÑA

González Quesada, R.; Cabrera, F.; Díaz, E. y Arambarri, P.

Centro de Edafología y Biología Aplicada del Cuarto. Apartado 1.052. 41080 Sevilla.

Palabras clave: Doñana, water quality, hydric regeneration.

ABSTRACT

THE QUALITY OF THE WATERS OF THE GUADIAMAR RIVER AND THE ROCINA AND PARTIDO STREAMS IN THE PROXIMITY OF DOÑANA (SW SPAIN)

The quality of the waters of the Guadiamar river and the El Partido and La Rocina streams are considered and the amount of the pollutants transported by the Guadiamar river during the dry and rainy weather evaluated.

The actual poor quality of the Guadiamar river water forbids their use to improve the hydrology status of the Doñana marches.

INTRODUCCION

La biocenosis del Parque Nacional de Doñana depende en gran medida de la cantidad de agua que almacenan sus marismas, por lo que se está realizando un estudio sobre su hidrología en el que participan diferentes Institutos del Consejo Superior de Investigaciones Científicas y Universidades. Dentro de este estudio se encuadra uno que considera la calidad de las aguas, alguno de cuyos resultados se recogen en el presente trabajo.

El problema de las aguas de Doñana tiene dos componentes, uno de calidad y otro de cantidad. Se desconocen muchos datos necesarios para realizar balances, pero se conocen otros que dan idea de las magnitudes implicadas. Así, por ejemplo, si admitimos que la marisma de Doñana se extiende por unas 30.000 ha y que un año normal de lluvia aporta 500 l/m², pueden llegar a acumularse al final del invierno unos 100 Hm³ de agua supuestas unas pérdidas por distintos caminos de un 30% del agua caída. Ahora bien, un día caluroso de primavera, con viento del suroeste, puede evaporar más de 5 l/m² (Martín Aranda, 1972), lo que supone una pérdida de 1,5 Hm³/día en toda la marisma y una cantidad próxima a los 150 Hm³ en toda la época de descarga, desde junio a octubre.

No se sabe cuanta agua puede entrar en Doñana a través de los arroyos de la Rocina, del Partido, Marín

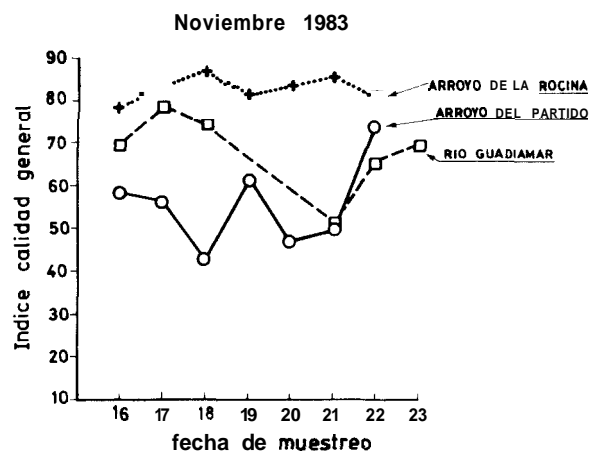


Figura 1.- Variación con la fecha de muestreo de la calidad de las aguas en un período de avenida.

Daily changes of the waters quality during a flood

y otros al no existir estaciones de aforo, pero deben ser cantidades menores que las que circulan por el río Guadiamar en el que existe, en el lugar denominado el Guijo, una estación de aforo del M.O.P.U. que contabilizó, en los años muy secos de 1981 y 1982, circulaciones totales de 23,8 y 32,8 Hm³ anuales respectivamente. Como dato complementario, en años

	Río Guadamar			Arroyo de la Rocina			Arroyo del Partido		
	max.	míri.	medio	máx.	mín.	medio	máx.	mín.	medio
pH	8,5	7,4	7,8	7,7	6,6	7,1	8,3	7,5	7,8
Conduct. ms/cm	3600	449	2088	1185	471	596	2300	571	1868
K mg/l	25,74	1,95	11,31	5,07	1,17	3,12	218,0	8,97	116,61
SO ₄ "	844,8	110,4	523,8	364,8	38,4	105,1	144,0	12,0	83,5
Cl "	1263,6	18,0	370,8	113,8	72,7	87,8	277,9	56,5	198,4
O ₂ dis.	13,5	0,0	5,4	10,0	0,4	4,7	9,0	0,0	2,0
Oxid. (KMnO ₄) "	92,9	6,5	26,4	156,0	27,1	54,0	295,0	27,0	136,0
N-Kjeldahl	12,6	1,0	4,8	6,95	1,01	2,52	89,1	3,8	42,8
N-NH ₃ dis.	6,2	0,1	1,9	1,36	0,044	0,32	63,6	1,4	26,8
N-NO ₂ "	0,15	0,01	0,06	0,035	0,004	0,015	0,18	0,01	0,03
N-NO ₃ "	2,16	0,18	0,91	0,49	0,11	0,25	0,72	0,05	0,30
P total	5,13	0,08	1,22	1,21	0,07	0,31	30,45	1,14	13,71
P. dis.	3,60	0,02	0,80	0,45	0,02	0,11	25,37	0,78	10,27
Res. inorg. tot	2536	240	1515	763	248	371	1416	442	1042
Res. inorg. dis.	2514	233	1478	710	230	344	1259	301	990
Res. org. tot.	404	68	241	277	128	176	898	64	463
Res. org. dis.	392	54	223	234	22	143	846	56	374
Surfactarites	1,31	0,04	0,34	0,19	0,12	0,15	5,57	0,11	2,22
Fe tot.	7,5	0,6	2,2	22,2	1,7	6,7	9,6	0,7	2,8
Zn tot.	2,40	0,04	0,75	1,30	0,02	0,22	0,27	0,06	0,12
Cu tot.	0,07	0,01	0,04	0,03	0,01	0,02	0,55	0,02	0,11
Mn tot.	3,55	0,52	1,86	2,80	0,30	0,97	0,78	0,10	0,35
Pb tot.	0,07	0,04	0,05	0,06	0,01	0,03	0,05	0,02	0,04
Ni tot.	0,06	0,02	0,04	0,04	0,00	0,02	0,04	0,01	0,02
Cd tot.	0,01	0,00	0,004	0,00	0,00	0,00	0,01	0,00	0,004

Tabla 1.- Valores extremos y medios de los parámetros analizados en época de estiaje.
Mean values and range of the parameters analyzed, drought period.

de fuertes lluvias, noviembre 1983, entre los muros del encauzamiento del Guadamar pueden albergarse unos 50 Hm³.

Actualmente el río Guadamar está aislado del Parque Nacional de Doñana por los muros de encauzamiento a que nos referimos anteriormente, por lo que sus aguas van directamente al Guadalquivir y tienen

poca influencia en la hidrología del Parque. En épocas de sequía se pensó que la extrema situación a que llegó Doñana podría remediarse siquiera en parte si se bombeaba a las marismas el agua del río Guadamar. Esta solución no puede tomarse sin conocer la calidad real de las aguas de este río, ya que en él vierten en cabecera los efluentes y lavados de las minas y

planta de concentración de minerales de Aznalcóllar, en su curso medio vierten industrias de transformación de productos agrarios y pueblos, y en su parte final se producen contaminaciones por productos químicos de utilización agrícola (Arambarri y col., 1984; Cabrera y col., 1984).

MATERIALES Y METODOS

Se tomaron muestras de agua en el río Guadiamar, en la zona entre los muros de encauzamiento, en el Arroyo de la Rocina, cerca del puente de la Canariega y en el Arroyo del Partido, en el Rocío, en 15 ocasiones desde noviembre de 1982 hasta abril de 1984, coincidiendo con los momentos más importantes de las épocas de carga de noviembre a abril, de mantenimiento, abril a junio y descarga julio-octubre.

Utilizando métodos estandar se determinaron los parámetros pH, conductividad, potasio, sulfatos, cloruros, oxígeno disuelto, oxidabilidad al permanganato, N-Kjeldhal, H-NH₃, disuelto, N-NO₂, N-NO₃, fósforo total y disuelto, residuos orgánicos e inorgánicos totales y disueltos, surfactantes y los metales pesados totales Fe, Zn, Cu, Mn, Pb, Ni y Cd (Rodier, 1971; APHA, AWWA y WPCF, 1971; Arambarri y col., 1984; Cabrera y col., 1984).

RESULTADOS

En época de estiaje o descarga, desde julio a octubre, cuando el río Guadiamar por la estación de aforo del Guijo lleva caudales menores a 0,4 m.³/sg, las concentraciones de una serie de parámetros analizados son altas según se muestran en la tabla 1.

Si admitimos que durante 7 meses al año circula por el río Guadiamar un caudal medio de 0,4 m.³/sg y este agua se introduce en Doñana, sus marismas recibirían de acuerdo con los datos de la tabla 1, 400 l/s x 86.400 s/día x 210 días x 1.515 mg/l = 1.1 x 10¹³ mg = 1.1 x 10⁴ Tm, esto es 1.1 x 10⁴ Tm de residuos inorgánicos y similarmente 1.8 x 10³ Tm de residuos orgánicos. Los aportes de sustancias fertilizantes supondrían 42 Tm de nitrógeno y 9 Tm de fósforo.

Por otra parte, las aguas de Doñana deberían aportar 200 Tm de oxígeno para satisfacer la demanda de las sustancias fácilmente oxidables que llegarían a través del río Guadiamar y recibiría de éste 16 Tm de hierro, 5 Tm de Zn, 0.3 Tm de Cu, 14 Tm de Mn, 0.4 Tm de Pb, 0.3 Tm de Ni y 0.03 Tm de Cd. Estas aguas son de pésima calidad y supondrían un riesgo cierto para el Parque. A título de ejemplo, podemos decir que tratamientos agronómicos de corrección de deficiencias de Zn y Cu comportan adiciones del orden de 15 Kg/Ha de estos elementos, por lo que las

cantidades anteriormente señaladas son significativas ecológicamente, lo mismo que las de Pb, Ni o Cd por ser elementos tóxicos. Por su parte, las cantidades de N y P que se introducirían en Doñana son suficientes para ocasionar medios hipereutróficos, sobre todo en lo que se refiere al P.

Los datos de la tabla 1 muestran que las aguas del arroyo de la Rocina son siempre de mejor calidad que las del río Guadiamar. El arroyo de la Rocina transcurre a la altura del Palacio de Acebrón sobre una turbera y sus aguas poseen un color oscuro característico de la presencia de compuestos húmicos. Este hecho hace que la determinación de surfactantes venga afectada de error por exceso. Por otra parte, el poder quelante de los compuestos húmicos hace que se introduzcan en el Parque metales complejados, caso del hierro y en menor grado del manganeso. Dado que el arroyo de la Rocina no transcurre por zonas metalíferas y el hierro o el manganeso son compuestos de baja toxicidad, no debe temerse una contaminación por metales pesados por este conducto. Respecto al arroyo del Partido, los datos de la tabla 1 muestran la baja calidad de sus aguas destacando en época de estiaje su alto contenido en K, N- en sus distintas formas, P, residuos orgánicos, materia oxidable al permanganato y surfactantes y el casi permanente estado de anoxia de sus aguas. También aparecen altos contenidos medios de Cu. Todos estos resultados apuntan hacia la presencia en estas aguas de vertidos de industrias de transformación de productos agrícolas. Al no saberse la cantidad de agua que entra en el Parque a través del arroyo del Partido, no se puede estimar la gravedad real de la contaminación que se produce.

En época de lluvias el río Guadiamar puede llevar cantidades apreciables de agua que originan su desbordamiento en la parte media de su curso. Los arroyos de la Rocina y del Partido también sufren variaciones importantes de caudal en época de lluvias, pero sus cuencas receptoras son pequeñas y su cauce alto no llega hasta la Sierra, por lo que estas variaciones son mucho menores que las del río Guadiamar.

Se tomó agua diariamente durante ocho días en noviembre de 1983 con ocasión de las primeras lluvias fuertes (212 litros en 15 días) después de dos años de sequía, para comprobar la importancia de los contaminantes arrastrados por las aguas en estas circunstancias.

La tabla 2 muestra los valores máximos, mínimos y medios de los contaminantes transportados por estos tres cursos de agua durante el episodio de avenida comentado.

Como se aprecia, los datos de la tabla 2 son siempre menores que sus equivalentes de la tabla 1, salvo los concernientes a los metales pesados en el Guadiamar. Este hecho de fuerte significación ecológica, tie-

	Río Guadamar			Arroyo de la Rocina			Arroyo del Partido		
	máx.	mín.	medio	máx.	mín.	medio	máx.	mín.	medio
pH	8,0	7,3	7,8	7,4	6,8	7,1	8,1	7,7	7,9
Conduct. ms/cm	699	219	386	319	92	203	1549	291	750
K mg/l	2,34	1,17	1,95	3,51	1,56	2,34	15,60	5,46	0,20
SO ₄ ⁼ "	283,2	19,2	102,2	62,4	3,4	39,8	220,8	33,6	96,0
Cl "	28,4	11,9	22,0	46,8	16,6	28,8	181,4	22,0	80,6
O ₂ dis. "	7,2	6,2	6,7	-	-	6,9	-	-	7,2
Oxid. (KMnO ₄) "	26,0	6,7	14,3	51,2	31,5	42,0	85,8	28,2	48,9
N-Kjeldahl	1,51	0,30	0,67	1,59	0,40	1,16	6,48	1,81	3,60
N-NH ₃ dis.	0,21	0,06	0,12	0,39	0,06	0,14	4,97	0,06	0,98
N-NO ₂ ,	0,019	0,010	0,014	0,12	0,01	0,03	1,25	0,01	0,37
N-NO ₃ "	0,88	0,59	0,75	1,83	0,28	0,71	5,08	1,07	2,77
P total	1,13	0,04	0,44	0,46	0,18	0,26	3,21	0,53	1,41
P dis. ,	0,14	0,02	0,06	0,40	0,02	0,19	0,94	0,11	0,37
Res. inorg. tot. "	1035	308	559	534	148	267	3154	583	1432
Res. inorg. dis. "	455	111	227	218	64	124	880	164	362
Res. org. tot. "	201	61	111	139	72	105	461	119	242
Res. org. dis. "	107	40	57	122	52	82	68	239	139
Surfactantes "	-	-	0,21	0,38	0,10	0,24	0,19	0,22	0,20
Fe tot. "	61,00	5,36	22,67	21,62	3,40	8,07	151,30	4,84	46,83
Zn tot. ,	4,80	0,12	1,02	0,08	0,02	0,05	0,28	0,04	0,11
Cu tot. "	0,27	0,05	0,10	0,04	0,01	0,03	0,46	0,02	0,16
Mn tot. "	2,43	0,30	0,81	0,23	0,06	0,12	1,20	0,15	0,58
Pb tot.	0,10	0,01	0,05	0,02	0,00	0,003	0,19	0,01	0,08
Ni tot.	0,09	0,02	0,05	0,03	0,01	0,02	0,14	0,01	0,06
Cd tot. "	0,04	0,00	0,02	0,01	0,00	0,003	0,01	0,00	0,008

Tabla 2.- Valores extremos y medios de los parámetros analizados en época de avenida.
Mean values and range of the parameters analyzed, flood period.

ne su explicación en la resuspensión y arrastre con las aguas de avenida de los sedimentos ricos en metales pesados depositados en el cauce del Guadamar en época de estiaje. Otros contaminantes, como los provenientes de las industrias de transformación de productos agrícolas y los urbanos, también se almacenan en los cauces y se arrastran con la avenida, hecho importante si se considera que a finales de otoño y prin-

cipios de invierno estas industrias se encuentran en plena producción.

Respecto a los metales pesados esta perfectamente documentado que su resuspensión y movilización desde los sedimentos se realiza de forma selectiva (Symader, 1980), por lo que en la tabla 3 se presenta una estimación de las cantidades de contaminantes que entrarían en el Parque en los primeros y en los últi-

	primeros días	últimos días
	Tm	
Fe	102	16
Mn	1,4	2,8
Zn	0,4	5
Cu	0,2	0,4
Pb	0,1	0,05
Ni	0,15	0,10
Cd	0,01	0,08
Resíduos inorgánicos	1.840	1.066
N	4,5	3
P	2,1	0,24

Tabla 3.- Cantidades de contaminantes que arrastra el Guadiamar al principio, muestreos de los días 16, 17 y 18 y al final, muestreos de los días 21, 22 y 23, de la avenida de noviembre de 1983.

Amount of pollutants carried out by the Guadiamar river at the beginning, samples of the days 16, 17 and 18th, and at the end, samples of the days 21, 22 and 23rd, of the flood of November 1983.

	Valor medio dos años	Valor medio avenida
Río Guadiamar	47,9	65,4
Arroyo del Partido	33,8	52,4
Arroyo de la Rocina	70,6	82,1

Tabla 4.- Valores medios del Índice de Calidad General en las aguas muestreadas durante dos años y durante un episodio de avenida.

Mean values of the General Quality Index of the waters sampled during two years and during the flood period.

mos días de avenida, suponiendo que el caudal medio del Guadiamar en esta época concreta fue de 10 m.³/sg.

Con objeto de poseer otro tipo de referencia, hemos aplicado a las aguas del río Guadiamar y de los arroyos del Partido y de la Rocina, el Índice de calidad general utilizado por el M.O.P.U. (M.O.P.U., 1981). La tabla 4 recoge los valores medios del Índice de Calidad General de las aguas muestreadas durante toda la experiencia y de las aguas muestreadas en época de avenida.

En la figura 1 se muestra la variación durante el período de avenida de los Índices de Calidad General en cada curso de agua estudiado. Se considera que valores menores de 60 del Índice de Calidad General

corresponden a aguas que no pueden utilizarse sin depuración previa. Se observa que la media de los Índices de Calidad General mejora en período de avenida, pero en cualquier caso se mantiene bajo en el río Guadiamar y en el arroyo del Partido.

DISCUSION

En épocas de estiaje las aguas del arroyo del Partido son de muy mala calidad, dado su alto contenido en sustancias oxidables, nitrógeno y fósforo, además de poseer contenidos elevados de residuos inorgánicos totales, de cobre y algún otro metal, que las hacen potencialmente peligrosas. Este arroyo y el de la Rocina, deberían aforarse para conocer los caudales de agua que entran en Doñana por su parte norte y poder controlar la cantidad de contaminantes que transportan. La calidad de estas aguas debería controlarse en continuo para saber con seguridad cuándo debe evitarse su entrada almacenándolas y depurándolas con sistemas de bajo consumo energético (lagunas y biofiltros) muy adecuados a las características de la zona. Las aguas de la Rocina son de mejor calidad, aunque tengan nitrógeno y fósforo en exceso, pero no parecen transportar contaminantes que no puedan considerarse como naturales.

Por su parte, las aguas del río Guadiamar sufren niveles de contaminación similares a las del arroyo del Partido, pero además poseen concentraciones altas de metales pesados. El río Guadiamar debería controlarse en continuo, tanto por la Administración como por Andaluza de Piritas, S.A., para tener seguridad sobre la calidad de sus vertidos, pero además debería poseer alternativas de retención y almacenamiento de agua como prevención de vertidos accidentales. En las condiciones actuales, en época de estiaje, el agua del Guadiamar no puede admitirse en Doñana y también debería evitarse su entrada en el Guadalquivir y en el Golfo de Cádiz.

En épocas de avenida las aguas del arroyo del Partido mejoran algo debido a la dilución de sus contaminantes, en especial en los últimos días de la avenida, al revés de lo que ocurre con las aguas del río Guadiamar, en especial en lo que se refiere a la contaminación por los metales pesados. Las aguas del Guadiamar sólo podrán entrar en Doñana cuando se asegure que no están contaminadas por metales pesados y cuando se elimine al máximo la influencia de la contaminación urbana y de los residuos de las industrias de transformación de productos agrícolas.

BIBLIOGRAFIA

APHA, AWWA y WPCF. 1971. *Standard Methods for Exa-*

mination of water and wastewater. 13.^a Edición. APHA. Washington.

Arambarri, P. de; Cabrera, F. y Toca, C.G. 1984. *La contaminación del río Guadamar y su zona de influencia, Marismas del Guadalquivir y Coto de Doñana, por residuos de industrias mineras y agrícolas*. Talleres gráficos. C.S.I.C. Madrid.

Cabrera, F.; Toca, C.G.; Díaz, E. y Arambarri, P. de. 1984. Acid mine-water and agricultural pollution in a river skirting The Doñana National Park (Guadamar river, south west Spain). *Water Res.*, 18; 1.469-1.482.

Martín Aranda, J. 1972. Características térmicas e hidrológicas del SW de España en relación al problema de la fertilidad física de los suelos. 151-176. Seminario Internacional Física Suelos. Sevilla.

M.O.P.U. 1981. *La vigilancia de la contaminación fluvial*. Dirección General de Obras Hidráulicas. Madrid.

Rodier, J. 1971. *L'Analyse chimique et physico-chimique de l'eau*. Dunod. París.

Symader, W. 1980. Suspended heavy metals: an investigation of their behaviour in flowing waters. *Catena* 7; 1-26.