

Sobre el efecto depurador de la zona no saturada en relación con el vertido de Residuos líquidos urbanos e industriales en el acuífero del Alto Guadalentín (Murcia)

About the purification effect of the unsaturated zone in relation with the urban and industrial wastewaters in the Alto Guadalentín aquifer (Murcia)

J. C. Cerón

Departamento de Geología. Universidad de Huelva. 21819. Palos de la Frontera. HUELVA. G.I. Recursos Hídricos y Geología Ambiental. Email: ceron@uhu.es

ABSTRACT

In the detrital aquifer of Alto Guadalentín (Murcia), the hydrochemical control during the period understood between March (1990) to November (1991) was made to increase the knowledge about the aptitude of the unsaturated zone to eliminate the filtered untreated urban wastewater. The results obtained show that the unsaturated zone don't eliminate completely the contamination, like they show the concentration of certain ions, nitrates and some metals between another.

Key words: hydrogeochemistry, unsaturated zone, pollution, Murcia.

Geogaceta, 24 (1998), 75-78
ISSN: 0213683X

Introducción

Son numerosos los sistemas acuíferos de nuestro entorno que presentan graves problemas de sobreexplotación debido a que en éstos la explotación de agua es más elevada que la recarga total. Para evitar llegar a esta situación límite, se revela como un proceso de interés el aumento de los recursos hídricos de un acuífero a través de la recarga artificial con aguas residuales. Con respecto a su reutilización, la capacidad de depuración de la zona no saturada adquiere una gran importancia en la eliminación de las sustancias contaminantes del agua residual lixiviada hacia el acuífero. Así, se pueden citar los trabajos de Bustamante (1988 y 1990), Morell *et al.* (1994), Castillo *et al.* (1994) y Ramos-Cormenzana *et al.* (1994), como ejemplos de estudios en este tema.

El acuífero del Alto Guadalentín es atravesado en su parte septentrional por el río Guadalentín. En este río, seco la mayoría del año dadas las características semiáridas de la región, se producen numerosos vertidos líquidos directamente sobre el cauce. Las fuentes de estos vertidos están muy diversificadas, proviniendo en su mayoría de los efluentes líquidos de las granjas de animales situadas en las proximidades del cauce y de algu-

nas industrias, en especial de curtidos. En relación con éstas últimas, el deterioro medioambiental que sus vertidos tóxicos producían en el río Guadalentín, motivó que el Ayuntamiento de Totana denunciara ante la CE a dieciséis empresas de curtidos de la ciudad de Lorca por verter más de 3.000 m³ diarios de residuos (El País, 5 de agosto de 1989). Con objeto de tratar estos vertidos, se construyó en 1988 una depuradora experimental, pero los problemas técnicos que tuvo obligaron a su paralización, continuando el vertido de las aguas sin depurar. Dado que las aguas del acuífero del Alto Guadalentín son empleadas principalmente para satisfacer la demanda agrícola y ganadera, y en menor medida para el abastecimiento de agua potable de pequeñas fincas, se abordó el estudio de la capacidad de depuración de la franja no saturada sobre estos efluentes contaminantes vertidos de forma directa sobre el cauce del río Guadalentín.

Aspectos hidrogeológicos

El acuífero del Alto Guadalentín se encuentra en el extremo suroeste de la provincia de Murcia (Fig. 1). El clima del área es Mediterráneo subdesértico, siendo los valores medios anuales de precipitación y de temperatura, para el período 1966/1990, de 287 mm y 16,7

°C respectivamente (Cerón, 1997); para el mismo período, y considerando una capacidad de campo de 50, 75 y 100 mm, la ETR anual estuvo comprendida entre 248 y 280 mm y la LLU entre 11 y 37 mm. El acuífero se encuentra sobreexplotado, teniendo el nivel piezométrico una profundidad comprendida entre 150 y 250 m. La Transmisividad varía entre 1.800 y 3.600 m²d⁻¹, y los valores del Coeficiente de Almacenamiento están comprendidos entre 10⁻¹ y 10⁻².

Desde el punto de vista geológico, el sector estudiado está en las Cordilleras Béticas, en la parte oriental del Dominio de Alborán o Zonas Internas (Balanyá y García-Dueñas, 1987). Las rocas que afloran en los relieves circundantes del acuífero, y que también se encuentran en su sustrato, pertenecen al Complejo Nevado-Filábride (formado por micasquistos, cuarcitas, gneises y mármoles, de edad Pérmico-Triásico superior), al Complejo Alpujarride (constituido por filitas, micasquistos, cuarcitas, areniscas y metaconglomerados de edad Paleozoico, y por calizas y dolomías de edad Triásico) y al complejo Maláguide (formado por areniscas, cuarcitas y conglomerados de edad Pérmico-Triásico); también se pueden encontrar margas, margas con arenas y conglomerados, margas con yeso, conglomerados y calcarenitas de edad Mioceno. Por último, sobre todos ellos y

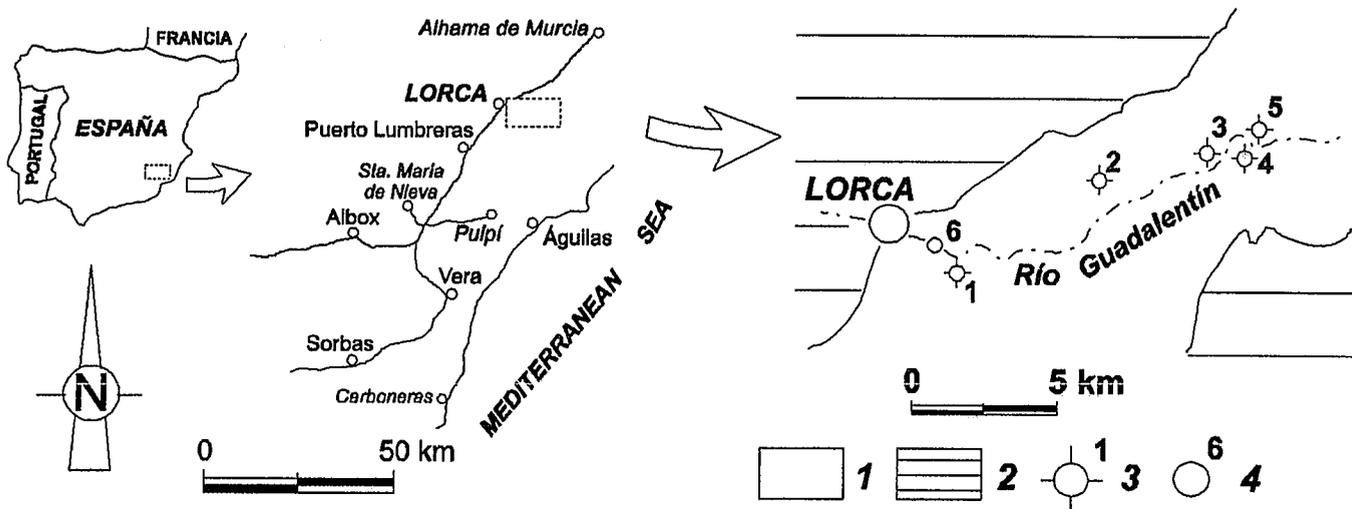


Fig. 1.- Situación geográfica y esquema del área estudiada. 1: acuífero detrítico Plio-Cuaternario; 2: rocas de borde; 3: sondeo y su número; 4: punto de muestreo en el cauce del río.

Fig. 1.- Location map and scheme of the study area. 1: Plio-Quaternary detrital aquifer; 2: border materials; 3: well and its number; 4: location of river's samples.

formando el acuífero propiamente dicho, se encuentran fundamentalmente arenas y conglomerados de edad Plio-Cuaternario, pudiendo tener determinados sectores intercalaciones de limos y arcillas.

Características fisicoquímicas de las aguas

Dado el peligro real que existía de contaminar las aguas del acuífero del Alto Guadalentín con los vertidos sobre el cauce, se realizó una campaña de recogida de muestras para caracterizar los efluentes brutos que podían circular por él (Tab. 1). Complementariamente, se llevó a cabo el seguimiento hidroquímico durante el período comprendido entre septiembre de 1989 y abril de 1992 de varios sondeos próximos al cauce (Fig.1), con objeto de establecer la capacidad de depuración de la zona no saturada sobre estos efluentes sin depurar, y que son vertidos directamente sobre los materiales permeables del acuífero; éstos fueron cinco sondeos situados en la dirección media del flujo y con un espesor de la zona no saturada comprendido entre 70 y 100 m. La conductividad se determinó mediante conductimetría directa, la temperatura por termometría directa, el pH por potenciometría directa, el Cl⁻, HCO₃⁻ y CO₃⁻ por colorimetría, el SO₄²⁻ por turbidimetría mediante espectrofotometría y el NO₃⁻ por polarografía; el resto de los iones se determinaron por espectrometría de plasma (ICP).

En relación con las muestras tomadas en el río (Tab. 1) se puede ver que para el período de muestreo todas presentan salinidades altas, estando en relación con la concentración elevada de

Variable	Marzo, 1990	Noviembre, 1990	Noviembre, 1991
T	10.8	12.3	15.1
pH	7.91	8.20	8.48
C	4320	8050	21000
Cl	950	2000	6500
SO ₄ ²⁻	1355	1650	2583
HCO ₃ ⁻	760	900	3660
CO ₃ ²⁻	0	315	1620
Ca ²⁺	500	960	1300
Mg ²⁺	305	360	500
Na ⁺	600	1200	4600
K ⁺	42	57	76
NO ₃ ⁻	110	206	300
PO ₄ ³⁻	5	3	7
Mn ⁺²	52	80	37
Al ⁺³	182	244	365
Ni ⁺²	7	3	16
Cu ⁺²	6	4	15
Cr ⁺⁶	60	8	409
Pb ⁺²	10	28	50
Zn ⁺²	62	31	151
Cd ⁺²	3	2	1

Tabla 1. Datos analíticos de las muestras tomadas en el río Guadalentín. Temperatura en °C, Conductividad en µScm⁻¹ (25 °C). Iones en mg/l, excepto manganeso, aluminio, níquel, cobre, cromo, plomo, cinc y cadmio en µg/l.

Table 1.- Analytic data of the samples taken in the Guadalentín river. Temperature in °C, Conductivity in µScm⁻¹ (25 °C). Ions in mg/l, except manganese, aluminum, nickel, copper, chromium, lead, zinc and cadmium in µg/l.

Variable	1A	1B	2A	2B	3A	3B	4A	4B	5A	5B	Media	DT
T	20.1	19.3	24.0	23.6	22.1	21.3	20.1	19.4	30.0	25.9	22.6	3.2
pH	6.82	6.63	7.02	6.77	6.91	6.77	7.01	6.96	6.92	6.90	6.87	0.1
C	6510	6470	4988	4869	5800	6020	6100	6080	5006	4990	5683	620
Cl	1198	1136	1190	1171	1302	1292	1150	1136	1140	1135	1185	60
SO ₄ ²⁻	2635	2672	1336	1332	1815	1889	2320	2325	1518	1510	1935	493
HCO ₃ ⁻	610	671	402	398	502	549	490	488	570	561	524	82
Ca ²⁺	700	686	526	508	570	540	610	603	440	438	562	86
Mg ²⁺	280	295	259	255	265	259	266	269	278	279	271	12
Na ⁺	886	876	520	510	830	825	798	792	644	635	732	135
K ⁺	68	60	66	60	63	52	63	59	41	35	57	10
NO ₃ ⁻	125	118	51	40	46	42	62	61	36	29	61	32
PO ₄ ³⁻	2.6	3.0	3.9	3.7	1.9	1.0	2.8	3.0	2.3	2.2	2.6	0.8
Mn ⁺²	16	19	20	18	15	8	22	15	26	17	18	5
Al ⁺³	155	169	135	153	80	75	438	578	210	249	224	153
Ni ⁺²	138	120	110	96	63	47	86	74	68	60	86	28
Cu ⁺²	103	72	81	74	39	36	60	45	76	73	66	20
Cr ⁺⁶	85	63	75	72	43	28	51	48	75	50	59	17
Pb ⁺²	542	470	612	587	213	180	426	398	560	510	450	142
Zn ⁺²	28	13	18	27	39	30	68	63	30	18	33	18
Cd ⁺²	35	28	43	56	33	18	32	29	41	30	35	10

Tabla 2. Datos analíticos de las muestras tomadas en el acuífero del Alto Guadalentín. A: agosto de 1991 y B: noviembre de 1991. Temperatura en °C, Conductividad en μScm^{-1} (25 °C). Iones en mg/l, excepto manganeso, aluminio, níquel, cobre, cromo, plomo, zinc y cadmio en $\mu\text{g/l}$. DT: desviación típica.

Table 2.- Analytic Data of the samples taken in the Alto Guadalentín aquifer. A: August of 1991 and B: November of 1991. Temperature in °C, Conductivity in μScm^{-1} (25 °C). Ions in mg/l, except manganese, aluminum, nickel, copper, chromium, lead, zinc and cadmium in $\mu\text{g/l}$. DT: standard deviation.

los iones mayoritarios; además, existe un aumento en los contenidos de casi todos los iones, siendo los más elevados en la muestra tomada en noviembre de 1991 (con 21.000 $\mu\text{S/cm}$ de conductividad). El hecho de que la mayor parte del año el cauce esté seco, evita que cuando estos vertidos se producen puedan circular con una cierta dilución, excepto en aquellos períodos cortos de tiempo, posteriores a una precipitación, tal como sucede en la muestra tomada en marzo de 1991 (con 4.320 $\mu\text{S/cm}$ de conductividad). Con respecto al pH, en todas es básico, superior a 10,8. La concentración de bicarbonatos, bastante alta, y carbonatos estaría relacionada con la materia orgánica presente en las aguas re-

siduales urbanas y algunas granjas de animales; asimismo, éste sería también el origen de los elevados contenidos de nitratos (que pueden alcanzar los 300 mg/l) y fosfatos (comprendido entre 3 y 7 mg/l). Las eventuales precipitaciones favorecerían la disolución de sales evaporíticas, principalmente sulfatadas y cloruradas, presentes en la cuenca de Lorca (Cerón, 1997) y situada aguas arriba del punto de muestreo del río y contribuiría a aumentar la concentración de los iones sulfato, cloruro y sodio fundamentalmente. En relación con los metales pesados, destacan los contenidos relativamente elevados de manganeso, aluminio, cromo, plomo y zinc, siendo su origen los vertidos de efluentes industriales

(principalmente industrias de curtidos).

Con respecto a los resultados de las variables analizadas en las muestras obtenidas de los sondeos (tabla 2), se puede ver que presentan pH ácidos y salinidades relativamente altas, con valores medios de conductividad de 5.683 $\mu\text{S/cm}$. Estudios previos (Cerón, 1997) señalan que el origen de los iones mayoritarios se debe a la infiltración de aguas superficiales ricas en sales sulfatadas y cloruradas, y al retorno de riego (que se realiza principalmente por inundación). El contenido en nitratos de las aguas es relativamente alto, principalmente en el sondeo n° 1 donde se llegan a medir 125 mg/l; el origen de este ion se debería a los fertilizantes orgánicos usados en la agricultura, a la infiltración de los vertidos líquidos sobre el

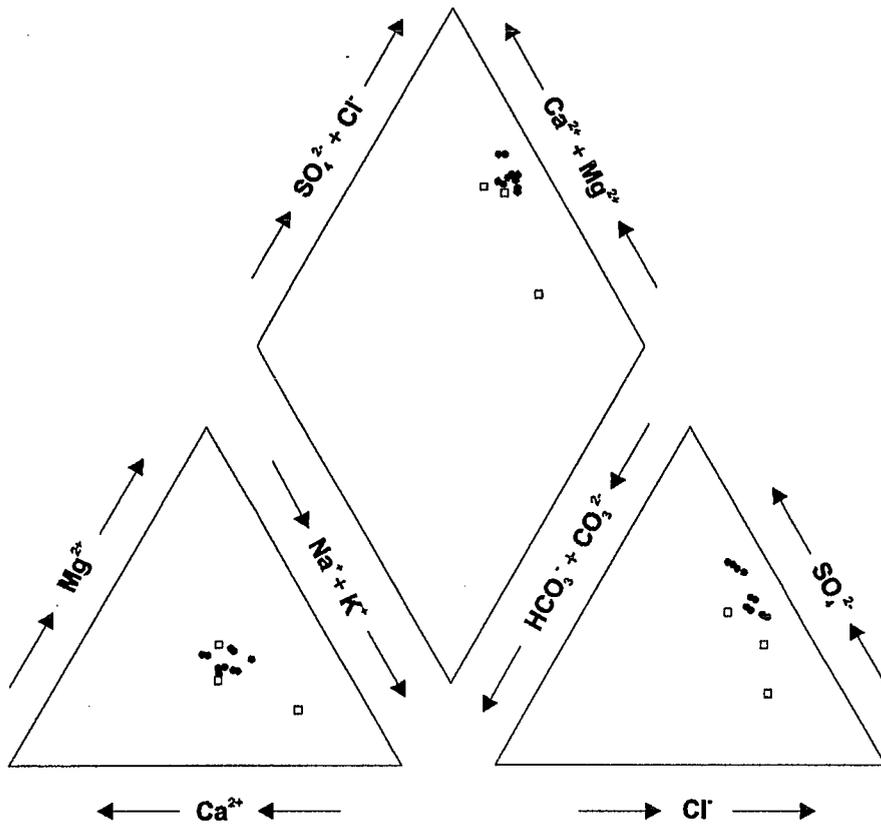


Fig. 2.- Diagrama de Piper de las muestras analizadas. Círculos: muestras de sondeos. Cuadrados: muestras del río.

Fig. 2.- Piper diagram of the analyzed samples. Circles: well's samples. Squares: river's samples.

cauce de algunas granjas de animales próximas y de las aguas residuales urbanas. Estas concentraciones de nitratos mostrarían que la capacidad de autodepuración de la zona no saturada no es del todo efectiva, de tal modo que no impide totalmente la contaminación. Del mismo modo, se tienen valores relativamente altos de ciertos metales como el aluminio, níquel, cromo y plomo entre otros; su origen se debería a la infiltración de los vertidos industriales que circula por el cauce del río Guadalentín, si bien una pequeña parte podría provenir de los

elementos metálicos del sondeo, tal como señalan Custodio y Llamas (1983).

Con respecto a las facies de todas las muestras analizadas (Fig. 2), éstas son sulfatadas-cloruradas mixtas, excepto en la muestra tomada en el río Guadalentín en noviembre de 1991 que es de tipo clorurada sódica.

Conclusiones

Los resultados de las muestras obtenidas en el cauce del río Guadalentín permiten ver que los vertidos líquidos ur-

banos e industriales de la ciudad de Lorca aportan concentraciones elevadas de determinados contaminantes, como nitratos, fosfatos y metales pesados (manganeso, aluminio, cromo, plomo y cinc). Además, estos contaminantes pueden presentar una cierta dilución cuando el vertido coincide con los períodos de precipitación (bastante escasos dada la aridez del área); en estas épocas, parte de la salinidad del agua, fundamentalmente los iones sulfato, cloruro y sodio, proviene de la disolución de sales evaporíticas existentes en la cuenca de Lorca.

El análisis de las aguas de los sondeos estudiados revela que la acción depuradora de la franja no saturada, a pesar de tener una potencia relativamente grande, no impide totalmente la contaminación, tal como muestran los valores de concentración de ciertos iones, nitratos y algunos metales entre otros.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido realizado dentro del marco de los proyectos AMB92-0211 y AMB95-0493, financiados por la CICYT.

Referencias

Balanyá, J.C. y García-Dueñas, V. (1987): *C. R. Acad. Sci. Paris*, 304 (2): 929-933.
 Bustamante, I. (1988): *Rev. Informaciones y Estudios* (MOPU), 49, 71 p.
 Bustamante, I. (1990): *Environ. Geo. Water Sci.*, 16 (3): 179-185.
 Castillo, A., Ramos-Cormenzana, A., Incerti, C. y Gómez, L. (1994): *Journal of Applied Bacteriology*, 76: 95-99.
 Cerón, J.C. (1997): *Hidrogeoquímica del acuífero del Alto Guadalentín*. G.I. Recursos Hídricos y Geología Ambiental (Ed.), 276 p.
 Custodio y Llamas (1983): *Hidrología Subterránea*. Omega (Ed.), 2350 p.