

Impacto del vertido de Aznalcóllar en la calidad del agua del río Guadiamar

Impact of the Aznalcóllar spill in the water quality of the Guadiamar river

M. Ollas ⁽¹⁾, J.C. Cerón ⁽¹⁾ y F. Moral ⁽²⁾

⁽¹⁾ Departamento de Geodinámica y Paleontología. Universidad de Huelva. Campus 'El Carmen'. 21071 Huelva. manuel.ollas@dgyp.uhu.es, ceron@uhu.es.

⁽²⁾ Departamento de Ciencias Ambientales. Universidad Pablo de Olavide. Ctra. de Utrera km 1. 41013 Sevilla. fmormar@dexp.upo.es

ABSTRACT

In 1998, the Aznalcóllar mine-tailing spill caused one of the most environment disaster of Europe, 6 hm³ of both sludge and acid waters were spilled producing a strong pollution of the adjacent Guadiamar river and the outskirts of the Doñana National Park. In this study, we analyze the impact of this spill in the river water quality, from monthly data obtained between 1980 to 2003 in a sampling point of the Guadiamar river. The higher contaminant levels, with pH values close to 3, occur at the beginning of the 1980's. In the latest years the concentrations of contaminant elements (Cd, Cu, Fe, Mn, Zn, etc.) show a descending trend, mainly from 2002. The present-day levels of contamination are lower than those existing before the spill, probably due to the mining activity cessation and the remediation measures carried out in the area.

Key words: Aznalcóllar spill, Guadiamar river, Water quality, Acid Mine Drainage (AMD).

Geogaceta, 37 (2005), 119-122
ISSN:0213683X

Introducción

El río Guadiamar nace en la parte más occidental de Sierra Morena y se dirige hacia el sur, hasta desembocar en el río Guadalquivir en las proximidades del Parque Nacional de Doñana (Fig. 1). Su caudal medio anual varía entre 0,1 m³/s en años secos y más de 20 m³/s en años muy húmedos.

El 25 de Abril de 1998 se produjo la rotura de la balsa minera de Aznalcóllar y el río Guadiamar recibió el vertido de 6 hm³ de lodos y aguas ácidas. Este suceso provocó una gran catástrofe ecológica; la vida en el río quedó aniquilada y las aguas ácidas llegaron hasta el límite del Parque Nacional de Doñana, a unos 60 km de la balsa minera (Grimalt *et al.*, 1999; Prat *et al.*, 1999).

El yacimiento minero de Aznalcóllar pertenece al extremo este de la Faja Pirítica Ibérica, una importante zona metalogénica con grandes depósitos de sulfuros. Este yacimiento se ha explotado desde la antigüedad; no obstante, es a partir de finales de los años 70 cuando se inicia la extracción a gran escala, mediante la minería a cielo abierto, y se construye una planta de tratamiento del mineral y la balsa siniestrada. El río Agrio, afluente del Guadiamar, al atravesar la zona minera se contamina por lixiviados ácidos de mina. El río Guadiamar, aguas arriba del

Agrio, no presenta ningún signo de contaminación minera, pero tras su unión recibe los contaminantes transportados por éste. Estos ríos ya estaban fuertemente contaminados antes del vertido de 1998 (Cabrera *et al.*, 1984 y 1987; Arambarri *et al.*, 1996).

Inmediatamente después del vertido comenzó la retirada de los lodos y los suelos contaminados, y se pusieron en marcha labores de recuperación de la zona (Ayora *et al.*, 2001). Más tarde, la Junta de Andalucía expropió la zona ocupada por los lodos para emprender un ambicioso proyecto, la creación del el Corredor Verde del Guadiamar, que pretende convertir el valle del río en un pasillo de conexión de dos importantes enclaves naturales: el Parque Nacional de Doñana, al sur, y el Parque Natural de Sierra Morena, al norte.

Sin embargo, aún hoy seis años después de la rotura de la balsa de Aznalcóllar, el río Agrio sigue aportando al Guadiamar importantes niveles de contaminantes. Existen algunos trabajos previos sobre la calidad del agua del Guadiamar tras el vertido de 1998, pero se basan en datos tomados poco después del vertido (Hudson-Edwards *et al.*, 2003) o bien en muestreos esporádicos, no sistemáticos (Toja *et al.*, 2003). El objetivo de este trabajo es analizar el estado actual de la calidad del agua del río y su evolución tras el vertido de 1998.

Metodología

En este estudio se han empleado los datos mensuales de calidad del agua en la estación 'El Guijo' (Fig.1), facilitados por la Confederación Hidrográfica del Gua-

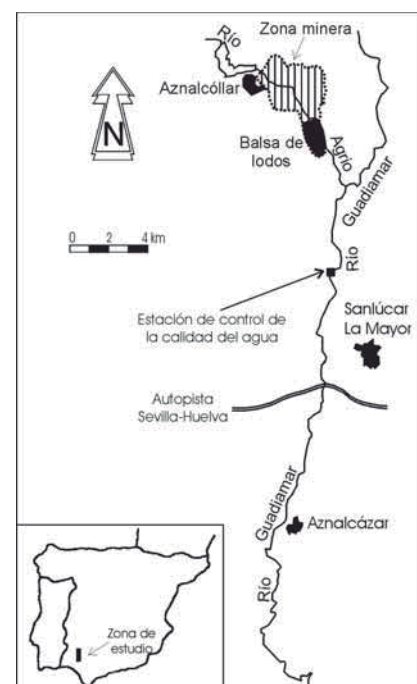


Fig. 1.- Mapa de situación.

Fig. 1.- Location map.

		Nº datos	Media	Mínimo	Máximo	Desviac. estándar
Conductividad	($\mu\text{S}/\text{cm}$)	190	1701	124	3710	867
pH		194	6,53	2,70	8,90	1,25
Oxígeno disuelto	(mg/L)	175	8,2	1,1	12,5	2,1
Mat. Suspensin	(mg/L)	195	41	2	721	91
D.Q.O.	(mg/L)	193	14,0	0,3	390,0	40,1
Cloruros	(mg/L)	187	73,6	6,6	491,8	53,5
Sulfatos	(mg/L)	191	826,5	40,0	2982,0	555,7
Silice	(mg/L)	151	18,7	0,8	999,9	80,6
Carbonatos	(mg/L)	109	1,2	0,0	27,8	4,4
Bicarbonatos	(mg/L)	189	72,5	0,0	871,5	84,6
Nitritos	(mg/L)	117	0,26	0,03	5,18	0,57
Nitratos	(mg/L)	176	7,0	0,2	76,0	9,7
Fosfatos	(mg/L)	164	0,18	0,01	9,00	0,74
Calcio	(mg/L)	192	298,0	26,6	1005,9	195,1
Magnesio	(mg/L)	192	54,7	3,7	254,4	38,9
Sodio	(mg/L)	185	46,9	6,9	645,0	52,5
Potasio	(mg/L)	174	9,2	1,6	80,0	7,9
Amonio	(mg/L)	159	0,66	0,02	5,77	0,82
Arsénico	(mg/L)	35	0,01	0,00	0,10	0,02
Cadmio	(mg/L)	150	0,02	0,00	0,09	0,02
Cobre	(mg/L)	169	0,10	0,01	3,92	0,32
Hierro	(mg/L)	177	3,08	0,04	94,30	11,53
Manganeso	(mg/L)	188	4,42	0,01	50,00	4,88
Plomo	(mg/L)	92	0,04	0,01	0,29	0,05
Zinc	(mg/L)	182	7,05	0,18	130,30	14,66

Tabla I.- Valores medios, mínimos y máximos y desviación estándar de algunas de las variables controladas.

Table I.- Mean, minima and maxima values and standard deviation of some controlled variables.

dalquivir. Las variables determinadas son numerosas, además de parámetros físico-químicos (temperatura, pH, conductividad eléctrica, materia en suspensión, etc.) se analizan, entre otros, los iones mayoritarios (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , HCO_3^- , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- y SiO_2), algunos metales traza (As, Cd, Cu, Fe, Mn, Pb y Zn) y otros indicadores de calidad, como oxígeno disuelto, PO_4^{3-} , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , D.Q.O., etc.

Disponemos de una serie de 24 años de duración, desde enero de 1980 a octubre de 2003. Sin embargo, son frecuentes las interrupciones, de modo que faltan datos en 94 meses del periodo controlado.

El tratamiento de los datos ha consistido en primer lugar en una revisión de los mismos, eliminando algunos valores claramente anómalos en base a correlaciones entre elementos. Posteriormente se ha representado la evolución temporal de algunos parámetros físico-químicos y elementos indicativos de la contaminación minera, para analizar las tendencias y el impacto del vertido en la calidad del agua.

Resultados

En la tabla I se muestran los valores medios, mínimos, máximos y desviación estándar de algunas variables representativas. Las aguas son claramente sulfatadas cálcicas, con unas concentraciones medias de 826 mg/L de SO_4^{2-} y 298 mg/L de Ca^{2+} , el resto de los iones mayoritarios presentan concentraciones muy inferiores.

No obstante destacan episodios puntuales, en la década de los 80, con elevadas concentraciones de Cl^- , Na^+ y K^+ (máximos de 492, 645 y 80 mg/L, respectivamente), que se asocian a altos valores de D.Q.O., fosfatos y nitritos, debidos a los vertidos de alpechín de las almazaras de la zona, ya detectados por Cabrera *et al.* (1984 y 1987).

El río Guadiamar también recibe las aguas residuales sin depurar de las poblaciones del entorno (Fig. 1). No obstante, el principal problema del Guadiamar es la contaminación de origen minero localizada en Aznalcóllar. Debido a la oxidación de los sulfuros por las actividades mineras, se produce un lixiviado muy conta-

minante llamado drenaje ácido de mina (AMD), caracterizado por su acidez y elevadas concentraciones de metales y sulfatos. Aunque la estación de El Guijo se sitúa a 9 km aguas abajo de la zona minera, se alcanzan valores mínimos de pH de 2,7 y elevadas concentraciones de sulfatos (máximo cercano a 3000 mg/L) y metales tóxicos (con valores máximos de 94 mg/L de Fe, 50 mg/L de Mn y 130 mg/L de Zn).

En la figura 2 se ha representado la evolución temporal de los valores de pH, conductividad eléctrica y algunos metales típicos de la contaminación minera (Cd, Cu, Fe y Zn). En relación con la conductividad eléctrica (debida sobretudo a los sulfatos) no se observa una tendencia clara a lo largo del periodo de estudio. Existe un patrón anual con los mayores valores en verano y los mínimos en invierno, típico de los ríos afectados por AMD debido a la dilución producida por el aumento de caudal en la época lluviosa (Olías *et al.*, 2004).

En la evolución del pH, se comprueba como los menores valores se tienen en la década de los 80, con un mínimo desde mayo a diciembre de 1981 con valores menores a 3. Parece observarse una tendencia ascendente, de forma que después del vertido de 1998 se tienen los mayores valores de pH a excepción del verano de los años 2000 y 2001, donde se alcanzan valores próximos a 5.

En cuanto a los metales de origen minero se pueden distinguir varios patrones de evolución. El Fe muestra un máximo a primeros de los años 80 coincidiendo con los valores más altos de la conductividad eléctrica y los mínimos de pH. Posteriormente no parece existir una tendencia clara y las concentraciones se mantienen aproximadamente entre 0,1 y 1 mg/L, con algunos picos menores a 10 mg/L.

Al contrario que el Fe, las máximas concentraciones de Zn (cerca de 100 mg/L) suceden a principios de los 90. No se observa un ascenso debido al vertido y sí un descenso progresivo a partir de 2002. La evolución de la concentración de Mn (no mostrada en la Fig. 2) es similar a la del Zn.

En la evolución de las concentraciones de Cd se observa un descenso coincidiendo aproximadamente con el vertido, y que se hace más acusado a partir de 2002. Hay que tener en cuenta que el límite de detección era de 0,01 mg/L previamente al vertido y luego descendió un orden de magnitud (0,001 mg/L).

Las concentraciones de Cu parecen presentar un ascenso progresivo después

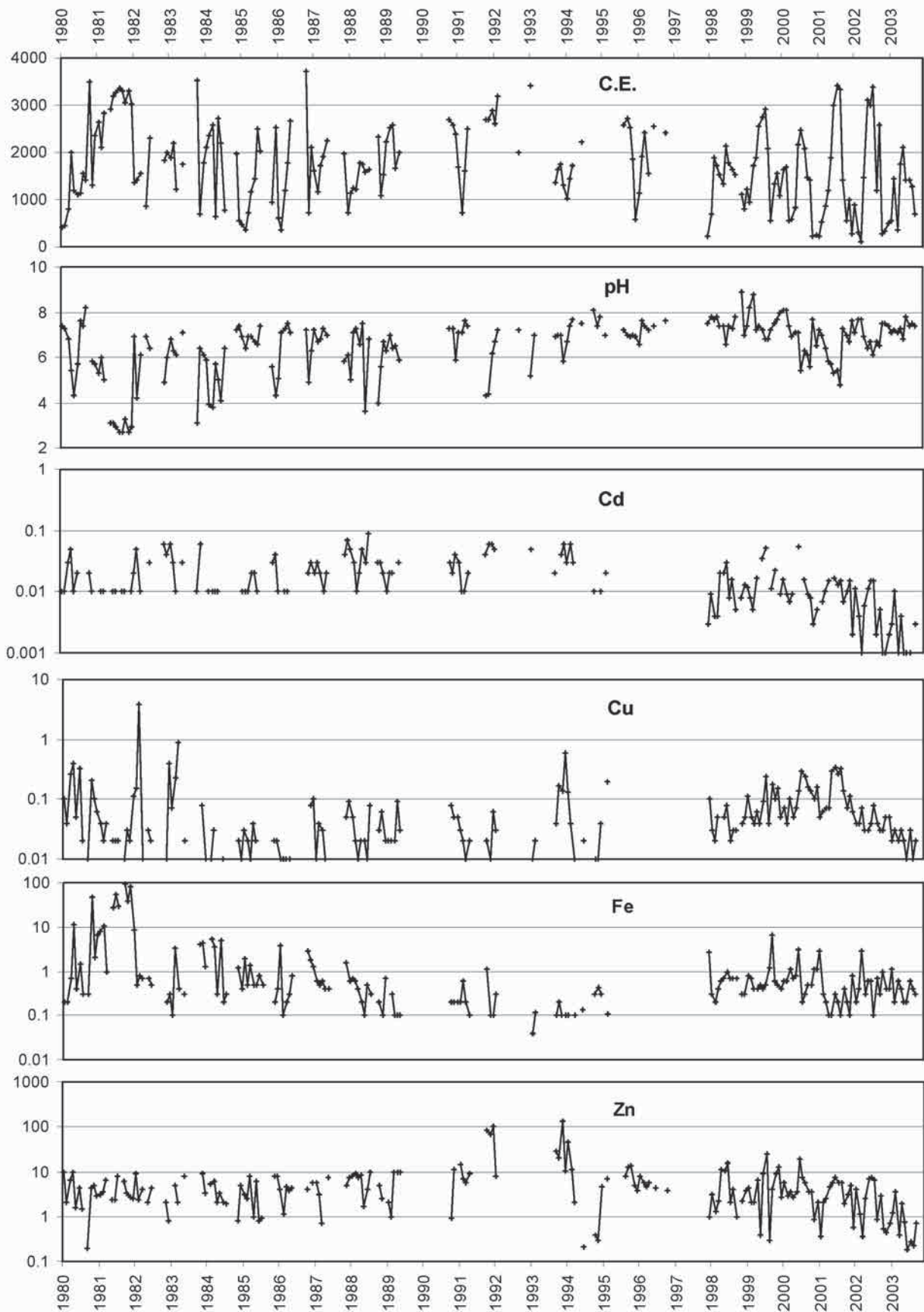


Fig. 2.- Evolución temporal de algunas variables características de la contaminación minera. Valores en mg/L, excepto la conductividad eléctrica (C.E.) en mS/cm.

Fig. 2.- Time evolution of some typical variables of mining contamination. Values in mg/L, except electrical conductivity (C.E.) in mS/cm.

del vertido hasta el año 2001 inclusive, y un descenso posterior. Los máximos contenidos de Pb (no mostrados en el gráfico) también parecen ocurrir tras el vertido de 1998, aunque posteriormente también descienden como el resto de metales traza.

Discusión y Conclusiones

El río Guadiamar estaba ya contaminado por drenaje ácido de mina con anterioridad a la rotura de la balsa minera de Aznalcóllar. Los mayores niveles de contaminación en el periodo de estudio se producen a principio de los años 80, donde se alcanzan valores de pH por debajo de 3 y elevadísimas concentraciones de Fe y otros metales tóxicos.

El vertido minero no parece haber producido un aumento en el contenido de contaminantes. Aunque en el caso del Pb y Cu se aprecia un incremento de las concentraciones tras el vertido, a partir del año 2002 descienden hasta niveles más bajos que los previos al vertido. La evolución del Cd, Mn y Zn también muestra una tendencia al descenso tras el vertido que se hace más acusada a partir del año 2002, a la vez que los valores de pH se incrementan y se mantienen en valores próximos a 7.

Esta evolución parece deberse al cese de la actividad minera y a las actuaciones de restauración emprendidas. A este respecto, eran conocidas las filtraciones de la balsa minera al río Agrio antes del vertido, posteriormente se ha sellado con una cubierta impermeable y se ha instalado en su perímetro una barrera hidráulica que recoge los lixiviados que se filtran. Tam-

bién se están llevando a cabo otras actuaciones en la zona minera como el desmantelamiento de escombreras de cenizas de piritas altamente contaminantes. Todo ello puede estar produciendo que, paradójicamente, la calidad de los ríos Agrio y Guadiamar esté mejorando tras el vertido minero.

Otro factor que puede influir en la calidad del agua del río es la evolución de las precipitaciones. En el punto de muestreo de la calidad del agua también existe una estación de aforos de la que se han obtenido los datos de caudal. El año 1998/99 fue muy seco, el caudal medio del Guadiamar en este punto fue de sólo 0,15 m³/s. El caudal medio en el año 1999/00 fue de 0,95 m³/s. En los tres años siguientes los caudales fueron muy superiores en respuesta a mayores precipitaciones: 5,17, 2,87 y 3,70 m³/s para los años 2000/01, 2001/02 y 2002/03, respectivamente. Ello parece confirmar que la mejora de la calidad no se debe a la dilución producida en los años húmedos, pues en este caso el año 2000/01, el de mayor caudal, debería mostrar la mejor calidad. Es decir, la distribución interanual de los caudales circulantes no explica la mejora de la calidad observada a partir del año 2002.

Agradecimientos

Este estudio se ha realizado en el marco del proyecto "Procesos de autodepuración natural en los ríos Agrio y Guadiamar y acuíferos subyacentes", financiado por la Consejería de Presidencia de la Junta de Andalucía. Asimismo agradecemos a la Confederación

Hidrográfica del Guadalquivir la información facilitada.

Referencias

- Arambarri, P., Cabrera, F. y González-Quesada, R. (1996). *Science of the Total Environment*, 191, 185-196.
- Ayora, C., Guijarro, A., Doménech, C., Fernández, I., Gómez, P., Manzano, M., Mora, A., Moreno, L., Navarrete, P., Sánchez, M. y Serrano, J. (2001). *Boletín Geológico y Minero*, 112, 123-136.
- Cabrera, F., Toca, C.G., Díaz, E. y Arambarri, P. (1984). *Water Research*, 18, 1469-1482.
- Cabrera, F., Soldevilla, M., Cerdón, R. y Arambarri, O. (1987). *Chemosphere*, 16, 463-468.
- Grimalt, J.O., Ferrer, M. y Macpherson, E. (1999). *Science of the Total Environment*, 242, 3-11.
- Hudson-Edwards, K.A., Maclin, M.G., Jamieson, H.E., Brever, P.A., Coulthard, T.J., Howard, A.J. y Turner, J.N. (2003). *Applied Geochemistry*, 18, 221-239.
- Olías, M., Nieto, J.M., Sarmiento, A.M., Cerón, J.C. y Canovas, C.R. (2004). *Science of the Total Environment*, 333, 267-281.
- Prat, N., Toja, J., Solà, C., Burgos, M.D., Plans, M. y Rieradevall, M. (1999). *Science of the Total Environment*, 242, 231-248.
- Toja, J., Alcalá, E., Martín, G., Solà, C., Plans, M., Burgos, A., Plazuelo, A. y Prat, N. (2003). *Ciencia y Restauración del río Guadiamar*. Ed. Consejería de Medio Ambiente- Junta de Andalucía, Sevilla, 78-92.