

Estudio de la Contaminación por Drenaje Ácido de Minas en la Cuenca del Río Odiel

/ LAURA GALVÁN (1*), MANUEL OLÍAS (1)

(1) Departamento de Geodinámica y Paleontología. Campus "El Carmen" s/n. Universidad de Huelva. 21071, Huelva (España)

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Odiel (2333 km² de superficie) drena materiales de la Faja Pirítica Ibérica (FPI), una región metalogénica que contiene importantes yacimientos de sulfuros que han sido explotados intensamente por un gran número de minas (Fig. 1). Como consecuencia existen por toda la cuenca grandes volúmenes de residuos mineros, en los que se produce la oxidación de los sulfuros, y se genera un lixiviado con una gran concentración en metales tóxicos y acidez conocido como drenaje ácido de minas (AMD, de sus iniciales en inglés). Como consecuencia, la mayor parte de su red fluvial está intensamente degradada por AMD (Fig. 1) y el Odiel supone el principal aporte de contaminantes a la Ría de Huelva y el Golfo de Cádiz (Olías et al., 2006). El objetivo de este trabajo es la obtención de la carga de contaminantes en distintos sectores de la cuenca del Odiel, para evaluar cuáles son las zonas mineras que aportan mayor cantidad de contaminantes y dirigir adecuadamente los esfuerzos de recuperación ambiental de la zona.

METODOLOGÍA

La carga contaminante se calculó estableciendo las relaciones entre caudal y concentración de elementos disueltos. Se consideraron aceptables las relaciones con un coeficiente de determinación (R^2) superior a 0.60. De esta forma, a partir de los datos diarios de caudal se puede obtener la carga contaminante.

Para establecer estas relaciones se realizaron muestreos hidroquímicos en distintos puntos de la cuenca (Fig. 1) entre mayo de 2009 y junio de 2010. In situ se analizó pH, conductividad eléctrica, Eh y temperatura. Las muestras fueron filtradas a 0.45 µm. La mayoría

de los metales tóxicos (Al, Cd, Ni, Zn) se transportan en disolución; sin embargo, la fracción de As, Cr, y Fe transportada en fase particulada puede ser importante, sobre todo durante avenidas (Galván, 2011). Las muestras fueron aciduladas con ácido nítrico suprapuro y mediante ICP-OES se analizaron los siguientes elementos: Al, Be, Cd, Cu, Fe, Ni, S, y Zn. El sulfato fue determinado a partir de la relación entre los pesos moleculares del ion sulfato y del S total. También se han utilizado datos hidroquímicos de estudios previos (Sarmiento, 2007). Debido a la falta de estaciones de aforo fiables en la cuenca, para la obtención de los datos de caudal en los distintos puntos de muestreo, se ha construido un modelo hidrológico de la cuenca que ha sido validado y calibrado con los datos de caudal existentes (Galván, 2011).

RESULTADOS

En la Fig. 2 se puede observar un ejemplo de las relaciones obtenidas entre caudal y concentración de elementos. A partir de las ecuaciones de regresión se ha calculado la carga contaminante media transportada durante el periodo de 1982 a 2010 (Tabla 1).

El río Odiel recibe los primeros lixiviados ácidos por los vertidos de las minas de Concepción, San Platón, Esperanza y Poderosa (Fig. 1). El aporte de estas minas supone un 21% del Al, 16% del sulfato y el 13% del Cd y Ni en relación a la carga disuelta total transportada por el Odiel (punto 91) antes del estuario. Las condiciones del río Odiel empeoran drásticamente cuando recibe los

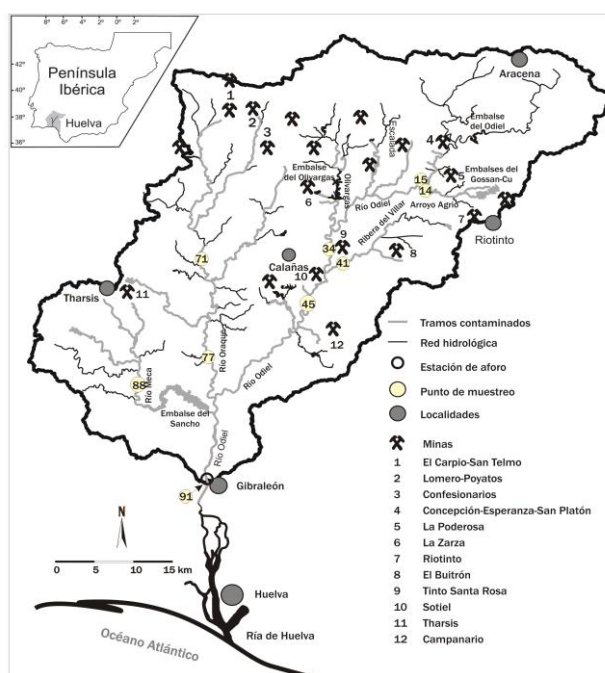


fig 1. Cuenca del río Odiel, tramos afectados por drenaje ácido de minas, puntos de muestreo y principales minas.

palabras clave: Carga contaminante, Drenaje ácido de mina, Río Odiel, Relaciones caudal-concentración de elementos.

key words: Pollutant load, Acid mine drainage, Odiel river, Flow-element concentration relationship.

resumen SEM 2015

* corresponding author: laura.galvan@dgyp.uhu.es

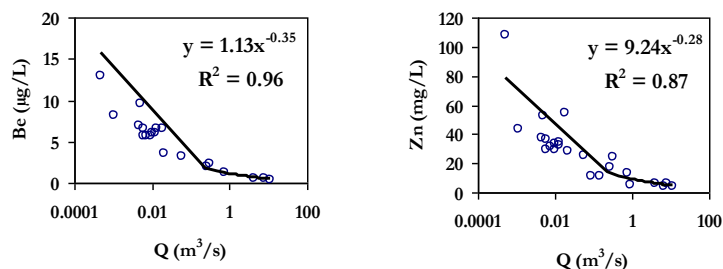


fig 2. Algunos ejemplos de relaciones entre el caudal y la concentración de elementos para el río Meca.

drenajes ácidos procedentes de las minas de Riotinto a través del arroyo Agrio (Fig. 1). Este arroyo aporta al Odiel una media de 4400 t/año de Al (48% del total en Gibrleón), 960 t/año de Zn (35% del total) y 62900 t/año de sulfatos (40%), suponiendo con diferencia su principal aporte de contaminantes. Después de la confluencia con el arroyo Agrio (punto 15, Fig. 1) el aporte de Fe disminuye debido a la intensa precipitación de este elemento en forma de oxihidroxisulfatos (Galván, 2011).

La riera del Olivargas aporta nuevos contaminantes al Odiel procedentes fundamentalmente de la mina de la Zarza (punto 34, Tabla 1). Existen otros aportes mineros menores situados aguas arriba del embalse del Olivargas que quedan, en su mayor parte, retenidos en los sedimentos de este embalse que mantiene condiciones de pH neutro. Antes de su confluencia con el Oraque (punto 45, Fig. 1), el Odiel recibe los vertidos de las minas del Buitrón y Tinto Santa Rosa, a través de la riera del Villar (41, tabla 1), cuyo aporte contaminante es relativamente bajo, y otros vertidos de menor entidad. Aunque en este punto no se pudo calcular la carga contaminante de numerosos elementos, por la mala relación entre el caudal y la concentración de elementos ($R^2 < 60$), se observa que la carga de sulfatos y Ni se ve incrementada apreciablemente (Tabla 1).

En cuanto al río Oraque (Fig. 1), los aportes contaminantes de las minas situadas al norte (sobre todo San Telmo) son aproximadamente iguales a los procedentes de las minas de Tharsis, en su tramo bajo. El río Oraque (punto 77) transporta una media de 1615 t/año de Al (18% del total del río Odiel en Gibrleón), 1485 t/año de Fe y 713 t/año de Zn (26% del total). Los últimos lixiviados ácidos que recibe el Odiel proceden del río Meca (punto 88)

afectado por las minas de Tharsis. El Meca aporta 418 t/año de Al, 69 t/año de Cu y 150 t/año de Zn al embalse del Sancho, que presenta valores de pH próximos a 4. En este embalse se produce la precipitación de una cantidad importante de los elementos tóxicos que recibe, un 43% del Al, 45% del Cu y 90% del Fe (Galván et al., 2009).

El río Odiel, justo antes de su desembocadura en la ría de Huelva (Fig. 1 punto 91), transporta elevadísimas cantidades de contaminantes, con valores medios de 9138 t/año de Al, 1764 t/año de Zn, 158376 t/año de sulfato, etc. (Tabla 1). No obstante, estos valores sufren importantes variaciones dependiendo de la pluviometría, de forma que pueden incluso duplicarse en años muy húmedos. En este trabajo sólo se han considerado concentraciones disueltas. Para algunos elementos, como As y Fe, los aportes asociados a la materia en suspensión pueden ser también muy importantes.

CONCLUSIONES

El río Odiel supone un caso extremo de contaminación mundial y transporta elevadísimas concentraciones de contaminantes disueltos (9138 t/año de Al, 2764 t/año de Zn, etc.). La mayor parte de estos contaminantes

(aproximadamente entre el 35 y el 55% dependiendo del elemento) provienen de las minas de Riotinto. La subcuenca del río Oraque también supone un aporte muy importante (entre un 18 y un 26% del total), sobre todo por los vertidos de las minas de San Telmo, al norte y, Tharsis en su tramo bajo. El resto de la carga contaminante procede de muchas otras minas de menor entidad.

AGRADECIMIENTOS

Actualmente L. Galván está financiada por un contrato postdoctoral dentro del Programa de Fortalecimiento de las capacidades en I+D+i de la Universidad de Huelva. Este trabajo ha contado con la financiación de los proyectos nacionales CGL-2010-21956-C02-2 y CGL-2013-48460-C2-1-R del Ministerio de Economía y Competitividad.

REFERENCIAS

- Galván, L., Olías, M., Fernández de Villarán, J.M., Domingo Santos, J.M., Nieto, J.M., Sarmiento, A.M., Cánovas, C.R. (2009): Application of the SWAT model to an AMD-affected river (Meca River, SW Spain). Estimation of transported pollutant load. J. Hydro., **377**, 445-454.
- Galván, L. (2011): Modelización hidrológica del río Odiel. Aplicación al estudio de la contaminación minera por drenaje ácido de minas. Tesis Doctoral Univ. De Huelva, 447 pp.
- Olías, M., Cánovas, C.R., Nieto, J.M., Sarmiento, A.M. (2006): Evaluation of the dissolved contaminant load transported by the Tinto and Odiel rivers (South West Spain). Appl. Geochem., **21**, 1733-1749.
- Sarmiento, A.M. (2007): Estudio de la contaminación por drenajes ácidos de minas de las aguas superficiales en la cuenca del río Odiel (SO España). Tesis Doctoral Univ. de Huelva, 395 pp.

	Al	Cu	Fe	Zn	SO ₄	Be	Cd	Ni
	t/año					kg/año		
Agrio (14)	4398	559	2142	958	62904	-	5226	12250
Odiel (15)	6296	723	1585	1376	88802	338	6364	15630
Odiel (34)	6556	1127	997	1878	118703	-	9200	18151
Villar (41)	-	1.2	56	8.3	1426	-	-	80
Odiel (45)	-	-	-	-	138397	-	-	22754
Oraque (71)	874	104	-	298	20355	-	-	1677
Oraque (77)	1615	212	1485	713	34784	103	1906	5718
Río Meca (88)	418	69	-	150	7397	16	263	1652
Odiel (91)	9138	-	-	2764	158376	731	8931	25060

Tabla 1. Carga disuelta transportada de algunos elementos en los puntos más representativos de la cuenca.