

Contenido en elementos metálicos de las aguas superficiales del distrito minero de Linares (Jaén)

Heavy metal contents in streamwater from the Linares ore district (Jaén)

M.C. Hidalgo (*), J. Rey (*) y J. Benavente (**)

(*) Dpto. de Geología, E.U. Politécnica de Linares. Universidad de Jaén. 23700 Linares (Jaén)
 (**) Instituto del Agua. Universidad de Granada. c/ Rector López-Argüeta, s/n. 18071 Granada

ABSTRACT

An important mining activity on metallic sulfides ores (dykes in a granitic batholith), now abandoned, was historically developed in the Linares area (Jaén, Spain). Samples of leachates from mineral wastes have been studied in order to characterize the chemical quality of streamwater. Chemical analysis show high values for Mn, Fe, Pb, Cu and Al in a pH range from 7.6 to 9.4.

Key words: heavy metals, leachates, mineral wastes, Linares.

Geogaceta, 24 (1998), 175-178
 ISSN: 0213683X

Introducción

La intensa explotación de mineralizaciones filonianas de sulfoantimonio de Pb-Ag y sulfuros de Cu-Fe, llevada a cabo hasta mediados de los ochenta en el batolito de Linares, ha dejado un paisaje marcado por una gran cantidad de indicios de antiguas labores mineras. Dos de los rasgos más característicos de este distrito minero, actualmente abandonado, son los huecos mineros -inundados tras el cese de las explotaciones- y la existencia de sectores relativamente extensos ocupados por las escombreras, tanto de minas como de fundiciones, que jalonan profusamente el conjunto del batolito granítico.

En relación con algunos de estos enclaves se generan lixiviados; circunstancia que adquiere especial relevancia en el momento actual, como consecuencia de la excepcional pluviosidad registrada durante los años 1996 y 1997. En función de las condiciones topográficas estos lixiviados pueden quedar retenidos en pequeñas depresiones formando charcas y lagunas o discurrir superficialmente, por lo que acaban incorporándose a los cauces fluviales o infiltrándose en los aluviones.

Con objeto de caracterizar las posibles afecciones al medio ambiente, se ha establecido una red de control hidroquímico en puntos de agua de distinta

naturaleza (pozos mineros, captaciones superficiales en aluviones, lagunas y cauces fluviales, entre otros, Hidalgo *et al.*, 1996). En el presente trabajo, a partir de la misma red de control hidroquímico, se presentan los resultados correspondientes a los análisis de constituyentes minoritarios y trazas en las aguas superficiales.

Marco geológico

Geológicamente, en el área de estudio se pueden diferenciar dos grandes conjuntos (Azcárate y Argüelles, 1971; Azcárate, 1977): un zócalo paleozoico y una cobertera sedimentaria subhorizontal (ésta, a su vez, la integran materiales del Triásico y Mioceno superior). El zócalo paleozoico está constituido por una potente serie de filitas y cuarcitas, intruida por un batolito granítico. En este sentido, en las proximidades de Linares, los materiales de la cobertera sedimentaria generalmente aparecen directamente sobre este batolito.

Los materiales triásicos, con un ligero buzamiento hacia el SE, presentan un primer término, de 10 a 20 m de espesor, básicamente conglomerático. Sobre éste se desarrolla un conjunto de lutitas rojas en las que se intercalan niveles de areniscas. Discordantemente sobre los niveles anteriores, aparecen materiales subhorizontales del Mioceno

superior, y más concretamente, del Tortoniense superior-Messiniense. Estos últimos presentan en la base un nivel discontinuo de conglomerados calcáreos, sobre el que aparecen margas grises. Finalmente, el registro cuaternario es escaso y se limita a los actuales cursos fluviales.

Puntos de muestreo y resultados obtenidos

En la figura 1 se incluye la localización de los puntos de agua superficial incluidos en una red más amplia de control hidroquímico, así como algunos de los principales toponímicos del área. En la figura 2 se presenta un esquema idealizado del ámbito hidrológico considerado en el área de estudio. Las muestras 1 y 2 corresponden a los lixiviados generados en las escombreras de la fundición de La Cruz y de la mina de Arrayanes, respectivamente. Estos lixiviados configuran una zona de pequeñas lagunas y charcas, de carácter permanente, que en épocas de precipitación intensa se incorporan a la red de drenaje.

Las muestras restantes han sido recogidas secuencialmente aguas abajo en el río Guadiel -cuya cuenca drena terrenos en los que son muy abundantes las escombreras y restos mineros- y en uno de sus afluentes, el arroyo Matcabras (muestra 5).

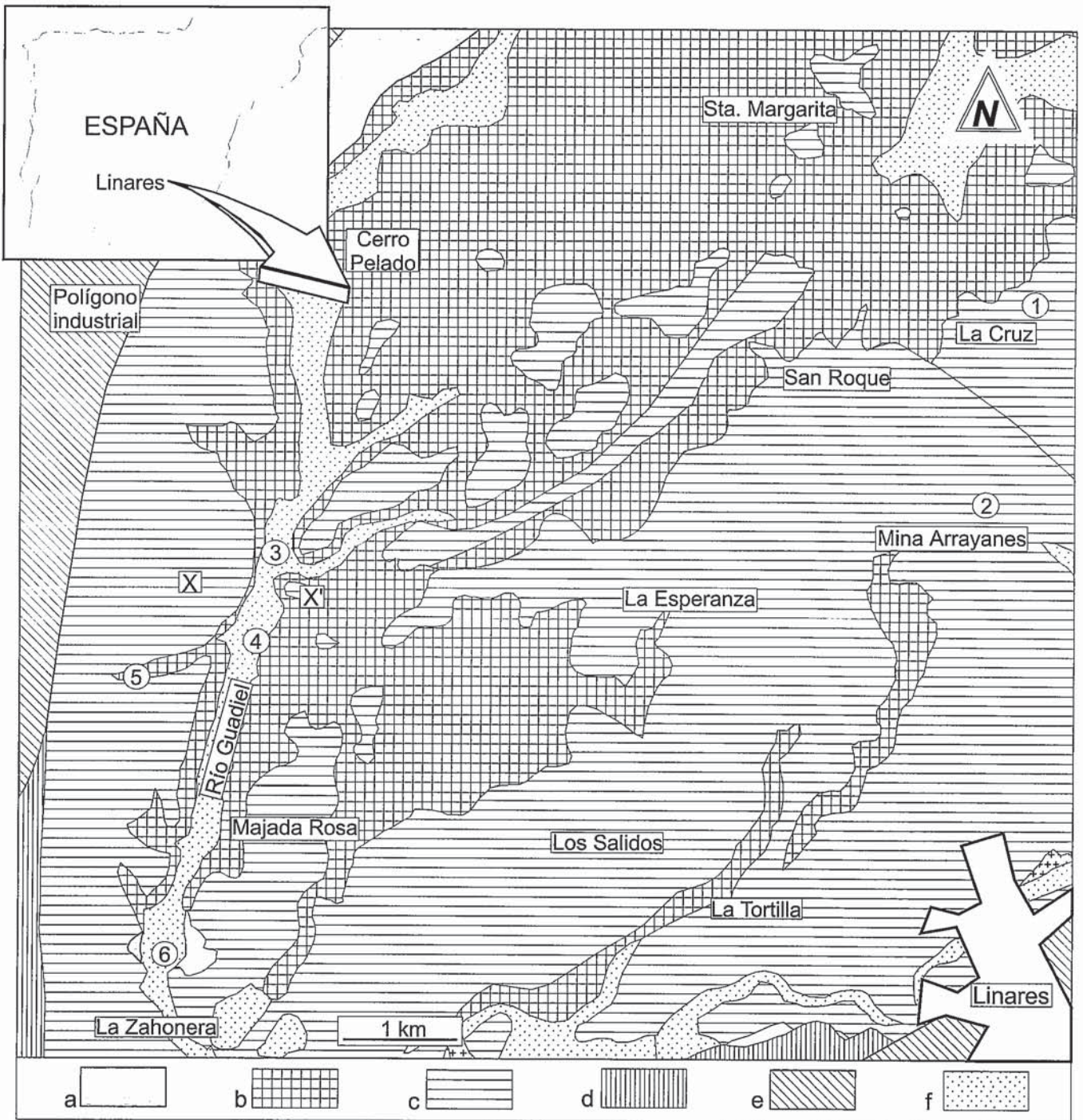


Fig. 1.- Cartografía geológica del sector estudiado (basada en Azcárate, 1977). Se señala la localización del corte X-X' (véase la Fig. 2). a.- Filitas. b.- Granito. c.- Conglomerados (base del Triásico). d.- Arcillas y areniscas (parte superior del Triásico). e.- Margas (Mioceno superior). f.- Aluvial (Cuaternario).

Fig. 1.- Geological map of the studied area (from Azcárate, 1977) showing position of cross-section X-X' (see Fig. 2). a.- Phyllites. b.- Granite. c.- Conglomerates (Lower Triassic). d.- Clays and sandstones (Late Triassic). e.- Marls (Upper Miocene). f.- Alluvial (Quaternary).

El muestreo se realizó en el mes de Junio de 1996, acompañado de determinaciones *in situ* de pH y conductividad. Las determinaciones analíticas realizadas incluyen, además de constituyentes mayoritarios, los contenidos en Al, Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn y Pb. Los resultados obtenidos para los elementos metálicos se pre-

sentan en la tabla 1.

Las dos muestras de las lagunas que recogen los lixiviados de escombreras presentan valores de conductividad y pH similares, con una salinidad muy elevada (entre 7000 y 10000 $\mu\text{S}/\text{cm}$), y carácter marcadamente alcalino (pH entre 8,8 y 9,4). Estas aguas, claramente salobres, se carac-

terizan por una hidrofacies sulfatada sódica, con contenidos de varios g/l en SO_4^- y Na^+ .

En cuanto al contenido en contaminantes metálicos, destaca la gran variedad en las concentraciones de Cu, Fe, Mn y Pb entre ambos lixiviados. Pese a ello, los valores obtenidos para los metales pesados analizados son

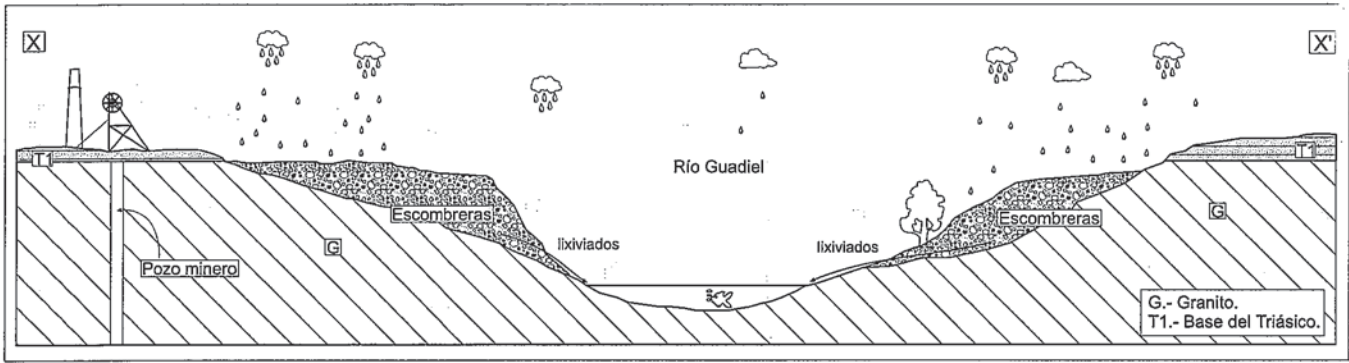


Fig. 2.- Corte geológico X-X'.

Fig. 2.- Geological cross-section X-X'.

considerablemente altos en los dos casos, especialmente en el entorno de la mina de Arrayanes, donde se alcanzan concentraciones de 2 mg/l en Fe y 3 mg/l en Mn.

Las características hidroquímicas identificadas en las muestras de cauces superficiales son coherentes con el carácter secuencial en que se han obtenido, teniendo en cuenta que los aportes poco mineralizados del arroyo Matacabras (muestra 4, 596 $\mu\text{S}/\text{cm}$ de conductividad) inciden sobre la salinidad del agua del Río Guadiel, que disminuye ligeramente aguas abajo del arroyo (1116 a 1064 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Los valores de pH se mantienen próximos a 8 en todos los casos (Tabla 1). Las facies hidroquímicas identificadas corresponden a aguas bicarbonatas cálcicas a cálcico-magnésicas en el cauce principal y sulfatada cálcico-magnésica en el arroyo. En conjunto, el Río Guadiel muestra en su composición química incrementos significativos en los constituyentes metálicos analizados a medida que progresa el flujo, con concentraciones importantes en Al, Fe, Mn y Pb (200 $\mu\text{g}/\text{l}$, 480

$\mu\text{g}/\text{l}$, 500 $\mu\text{g}/\text{l}$ y 150 $\mu\text{g}/\text{l}$, respectivamente, en el último punto de muestreo).

En los diagramas de la figura 3 se han representado los contenidos en los elementos metálicos más abundantes en las aguas analizadas. Se incluye también una línea de referencia que corresponde a los valores máximos admisibles para estos constituyentes en la normativa española vigente a efectos de potabilidad. Esta línea permite, por comparación con los correspondientes histogramas, caracterizar la calidad química de los distintos tipos de agua analizados. Se advierte que todas las muestras estudiadas sobrepasan los límites admisibles en casi todos los metales pesados representados. La peor calidad bajo este concepto corresponde a los lixiviados de las escombreras, especialmente en relación con los altos contenidos en Cu, Fe y Mn (Fig. 3).

Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos para el análisis de constituyentes

minoritarios y trazas, se pone de manifiesto la existencia de un proceso de movilización en las aguas superficiales de contaminantes metálicos procedentes de los restos de las mineralizaciones (sulfoantimoniuros de Pb-Ag y Cu-Fe, básicamente) o de los residuos de su explotación.

Además, existe un aporte adicional al medio hídrico de estos contaminantes metálicos a partir de los lixiviados generados en la escombreras de las antiguas labores mineras, los cuales carecen de cualquier tipo de tratamiento y presentan valores de contenidos en Fe y Mn del orden de varios mg/l.

El destino de estos lixiviados es en algunos casos el almacenamiento superficial y, frecuentemente, los cauces superficiales que drenan el área, de lo que cabría inferir consecuencias medioambientales negativas. Esta última circunstancia adquiere especial relevancia en periodos de abundantes precipitaciones, como el que precedió a esta campaña de muestreo.

Punto	Referencia	C.E. ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	pH	Al	Cu	Fe	Mn	Cr	Co	Ag	Cd	Ni	Pb
1	Fundición La Cruz	7430	9.4	*	300	400	180	2	*	5	9	1	208
2	Escombrera Arrayanes	10210	8.8	*	780	2000	3440	11	4	27	12	4	6
3	Río Guadiel	1114	7.9	159	5	185	700	1	*	*	*	4	27
4	Río Guadiel	1116	7.7	*	2	245	604	*	*	*	*	*	100
5	Arroyo Matacabras	596	7.6	208	5	466	176	1.7	*	*	*	*	260
6	Río Guadiel	1064	8	204	5	480	505	1.7	0.5	*	*	27	150

* Elemento no detectado

Tabla 1.- Resultados analíticos obtenidos en las muestras de aguas superficiales (las concentraciones aparecen expresadas en $\mu\text{g}/\text{l}$).

Table 1.- Analytical results for streamwater samples (concentrations in $\mu\text{g}/\text{l}$).

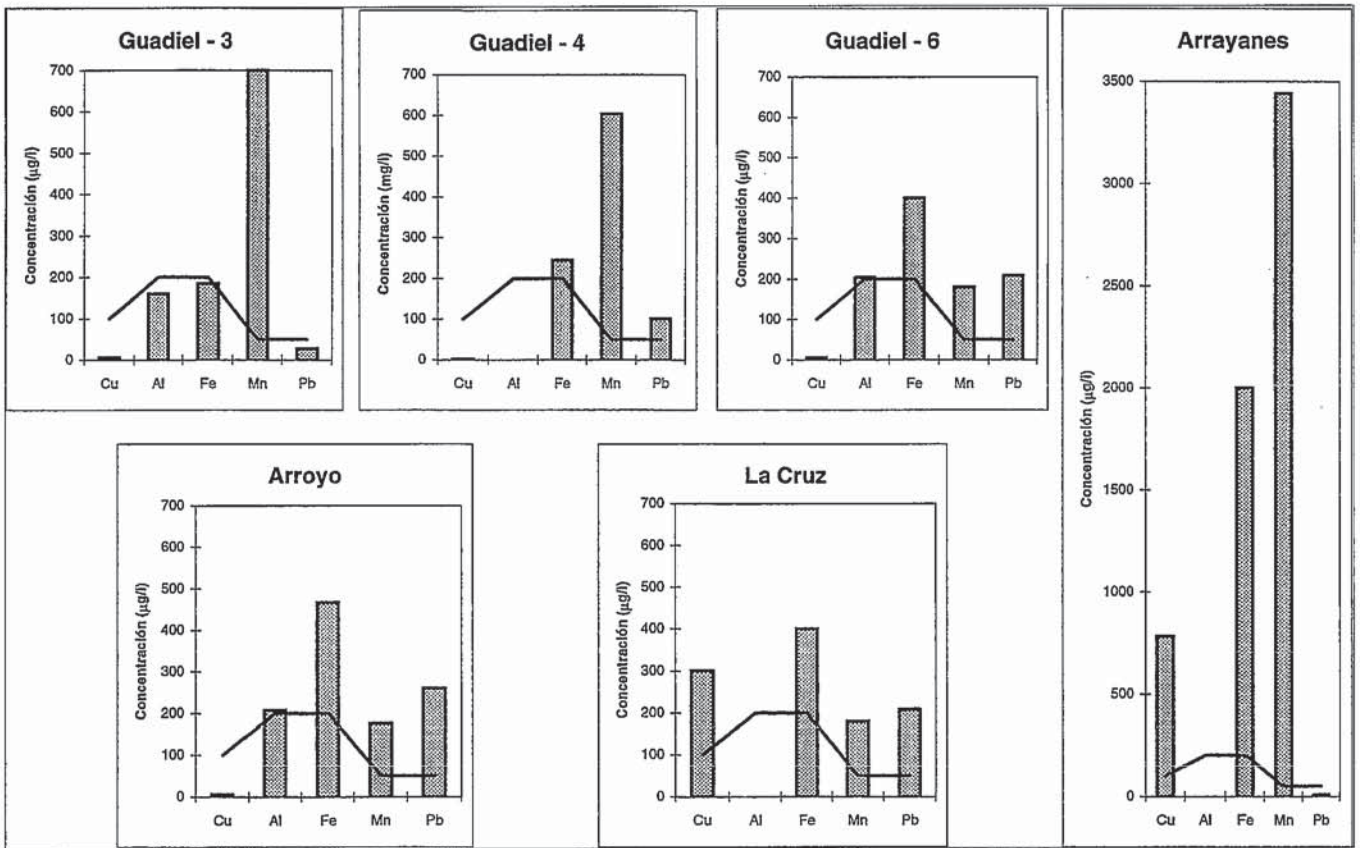


Fig. 3.- Variación de los contenidos en Al, Cu, Fe, Mn y Pb. La línea continua marca los valores máximos admisibles en aguas potables según la normativa española vigente.

Fig. 3.- Range of contents in Al, Cu, Fe, Mn y Pb. The straight line marks the maximum contents accepted for drinking water in the current spanish standards.

Referencias

Azcárate, J.E. (1977). *Hoja 905 (Linares), escala 1:50.000. Serie M.A.G.N.A. Ed.*

I.G.M.E., 35 p.
 Azcárate, J.E. y Argüelles, A. (1971). *Congr. Hispano-Luso-Americano de Geol. Económ.* Madrid. Tomo I, Sección 4, 17-32.

Hidalgo, M.C., Rey, J. y Cruz-Sanju-lián, J.J. (1996). *IV Simposio sobre el Agua en Andalucía*, Almería. Tomo II, 89-98