

Aspectos Geoquímicos de las Aguas Superficiales de la Cuenca Minera del Bierzo (León)

/ EDUARDO VILLA BERMEJO (1)* / JUAN A. ROBLES LLAMAZARES (2) / EDUARDO ALONSO HERRERO (1) / MANUEL VIDAL BARDÁN (1)

(1). Área de Edafología y Química Agrícola. Universidad de León. Avda. de Portugal, 41 León. España

(2). Área de Producción Vegetal Universidad de León. Avda. de Portugal, 41 León. España

An analytic study of the water has been done in two rivers from the Bierzo basin with similar lithology and soils. Between both rivers there are geochemical variations in his composition, principally sulfates, attributed to the mechanical alteration and weathering of the lithologies that contain pyrite.

INTRODUCCIÓN

Normalmente el azufre se encuentra presente en los depósitos de carbón en forma de piritita (FeS_2). En medios naturales y carentes de carbonatos, la oxidación de este sulfuro es una fuente generadora de acidez que puede no ser neutralizada por los cationes resultantes de la alteración hidrolítica, de cinética siempre mucha más lenta. La tradicional explotación de antracita en la cuenca del Bierzo (León) origina episodios estacionales de fuerte acidificación de los cauces fluviales donde se ubican aquellas instalaciones.

En este trabajo se comparan, a través de los resultados obtenidos de una red de muestreo mensual y de un año de duración (2007-2008), establecida en los ríos Boeza y Tremor (El Bierzo, León), la geoquímica de las aguas superficiales y los efectos ecotóxicos inducidos por los lixiviados y aportes ácidos que reciben ambos cauces.

Los cursos de los ríos Boeza y Tremor siguen, aproximadamente, una dirección N-S. El primero ellos tiene una cuenca vertiente de 180 km² y una longitud de cauce de 45 km, con cotas en cabecera que superan los 2100 m. Por el contrario, el Tremor tiene una cuenca más amplia, de 261 km², un curso de 68 km y una cabecera de altitud más baja que la anterior. Este segundo río berciano tiene un importante tributario por la margen izquierda: el arroyo de La Silva, de 9 km y de dirección E-W, conocido por su pluma contaminante y marcada ecotoxicidad. El mencionado arroyo tiene su nacimiento en el puerto del Manzanal, donde las voladuras de la autovía A6 han reactivado recientemente

la alteración de las pizarras de la formación de Luarca, y confluye finalmente con el Tremor en la localidad de Torre del Bierzo (León). A lo largo de todo el cauce de La Silva tienen asiento numerosas explotaciones de carbón, vertiendo los drenajes de las escombreras y bocaminas al mencionado arroyo.

Las tres subcuencas presentan la misma litología en cabecera: pizarras de la formación de Luarca, sucediéndose a esta, aguas abajo, el Estefaniense característico de la cuenca carbonífera del Bierzo (IGME, 1973). En la actualidad, la actividad extractiva de carbón de la cuenca del Tremor es muy superior a la del Boeza.

MATERIAL Y MÉTODOS

Durante un año se han realizado muestreos mensuales de agua de los dos ríos; en Albares de la Ribera (curso bajo del Boeza) y Torre del Bierzo (curso bajo del Tremor, ya con los aportes procedentes del arroyo de La Silva). Se ha estimado, a partir de la información

suministrada por Endesa Generación, S.A., la relación precipitación/escorrentía en las dos subcuencas.

Las determinaciones *in situ* fueron la temperatura (°C), pH, O₂ disuelto (mg L⁻¹), Eh (mV) y CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$). El protocolo analítico consistió en la determinación, por electroforesis capilar, del contenido de cloruro, sulfatos, nitratos y bicarbonatos; también, y mediante absorción atómica, se analizaron los contenidos de Si, Ca, Mg, Na y K. Finalmente, mediante espectrometría de masas, se determinó el fraccionamiento isotópico del agua ($\delta^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ y $\delta^2\text{H}/^1\text{H}$). La pCO₂ de determinó mediante el software de modelización geoquímica PHREEQC v.2.15 (USG, 2008). El paquete estadístico utilizado fue el SPSS v.15.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Los resultados del análisis, expresados como valores medios anuales y correspondientes a los 12 muestreos realizados en las dos estaciones, se exponen en la tabla nº1, 2 y 3. En primer lugar, cabe des-

subcuenca	T ^o (°C)	pH	CE ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	Eh (mV)	O ₂ -disuelto (mg L ⁻¹)	pCO ₂ Log[moles L ⁻¹]	precipitación/ escorrentía
Boeza	11,8	8,1	78,2	321,5	6,9	-4,95	13,87
Tremor	10,9	7,8	379,1	320,7	7,0	-4,84	13,83

Tabla 1. Parámetros físicos y químicos

subcuenca	Cl ⁻ (mg L ⁻¹)	SO ₄ ⁻² (mg L ⁻¹)	CO ₃ H ⁻ (mg L ⁻¹)	NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	$\delta^{18}\text{O}$ (‰)	$\delta^2\text{H}$ (‰)
Boeza	2,1	17,1	20,6	0,86	-8,942	-59,403
Tremor	3,6	184,5	34,2	0,80	-8,544	-57,845

Tabla 2. Analítica de aniones y fraccionamiento isotópico

subcuenca	Ca (mg L ⁻¹)	Mg (mg L ⁻¹)	Na (mg L ⁻¹)	K (mg L ⁻¹)	Si (mg L ⁻¹)	Cl ⁻ /SO ₄ ⁻²	Ca/Mg
Boeza	7,3	2,9	1,8	0,5	4,1	0,12	2,51
Tremor	32,0	22,3	6,9	1,1	5,1	0,02	1,39

Tabla 3. Analítica de cationes

palabras clave: Bierzo, sulfatos, geoquímica, minería

key words: Bierzo, sulphate, geochemistry, mining

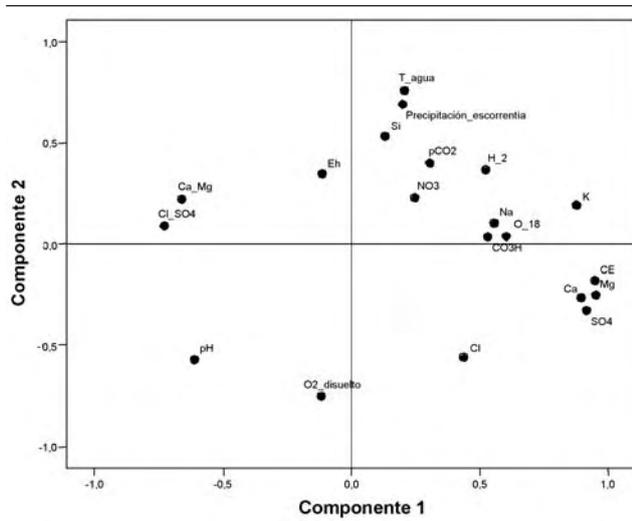


Fig. 1. Diagrama saturaciones de factor

tacar, como consecuencia de la mayor acidez de las aguas del río Tremor (particularmente marcada por la que le imprime el arroyo de La Silva), que las mayores concentraciones de Ca, Mg, Na, K, Si, y muy especialmente de SO_4^{2-} , se registran en el Tremor. Además, el efecto de la influencia atlántica y de los aerosoles marinos se deja notar por medio de la relación Cl^- / SO_4^{2-} ; más alta en el Boeza que en el Tremor dada su orientación más occidental y mayor altitud de cabecera.

El tratamiento estadístico multivariante realizado fue el de componentes principales. En la figura 1 se representa el diagrama de saturación de las matrices factoriales rotadas.

Para la correcta interpretación de esa síntesis multivariante de los resultados, se ha de considerar que el factor o componente principal de mayor peso o varianza (componente 1; varianza=36,3%) representa un eje de concen-

tración-dilución global del agua (Vidal, 1997). Este factor opone los elementos principales (CE, Mg, Ca, K), que no son gobernados por el régimen de precipitaciones, a los elementos menores que experimentan importantes procesos de control físico y químico. Por el contrario, la componente 2 (varianza=16,9%) representa un eje de aireación o de oxidoreducción, oponiendo, como es lógico, el O_2 disuelto al polo de temperatura del agua. También, la componente 2 presenta a los elementos más oxidantes (NO_3^- , CO_3H^-) en la proximidad de los valores positivos del potencial Eh, mientras que los elementos menos oxidantes (SO_4^{2-}) se localizan en el extremo opuesto. Los elementos biofilos (pCO_2 , NO_3^- , CO_3H^- y Na) quedan agrupados con puntuaciones medias que saturan a ambas componentes. Por otra parte, también se detecta que la relación precipitación/escorrentía está asociada con la temperatura del agua y del aire. Este último aspecto es consecuencia de que las escorrentías menos intensas (mayor residencia del agua en el suelo) se suceden durante los meses cálidos. Finalmente, como consecuencia de la mayor reactividad del ^{16}O en la oxidación de la pirita a sulfatos, el fraccionamiento isotópico $\delta^{18}O/^{16}O$ se encuentra más relacionado con los procesos de oxidación (NO_3^- , CO_3H^-) y, en particular con los contenidos de sulfato, que el fraccionamiento de $\delta^2H/1H$.

De acuerdo con los resultados anteriores, en la figura 2 se representa el diagrama de saturación correspondiente a los 24 muestras de agua obtenidas de los dos cauces fluviales. Las muestras de agua de la cuenca del río Tremor exhiben mayor grado de saturación en la componente 1 que el Boeza, como resultado lógico de la superior carga salina, menor índice de escorrentía, mayor carga de sulfatos, así como más contenido de Ca, Mg, Na y K procedentes de la mayor tasa de alteración hidrolítica que experimentan los minerales silicatos en la cuenca del Tremor. Este último aspecto se corrobora, además, por el mayor grado de permanencia del agua en los suelos de la cuenca del Tremor que en la del Boeza.

Finalmente se ha obtenido los diagramas de concentración (figura 3) de los SO_4^{2-} , Ca y Mg, a partir del factor de concentración del agua, y considerando la CE (eje X= logFC-CE) como la variable que más satura la componente 1. La recta de mayor pendiente resulta ser la correspondiente a los sulfatos, lo que prueba que este elemento se revela como mejor trazador geoquímico, en estas dos cuencas, que la propia salinidad global, estimada mediante la CE.

BIBLIOGRAFÍA

IGME (1973): Mapa Geológico de España; Hoja 159, Bembrive
SPSS v.15 (2007): Componentes principales y Análisis factorial.
USGS (2008): Phreeqc v.2.15
Vidal, M. (1997): Analyse de la fertilisation organique sur les ressources hydriques. Actas del IX World Water Congress, Montreal 1-6 de septiembre de 1997.

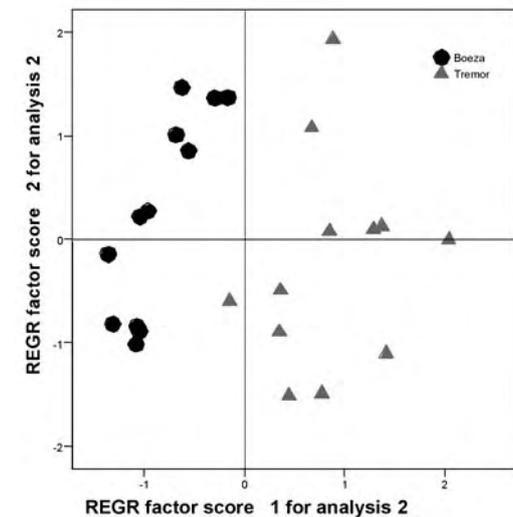


Fig. 2. Diagrama de saturación de casos

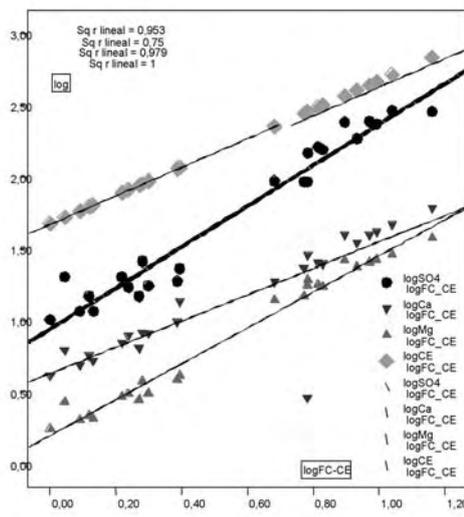


Fig. 3. Diagrama del factor concentración