

Formación de yeso autigénico en la llanura de inundación del río Tinto (Huelva). Implicaciones paleoambientales

Formation of authigenic gypsum on the flood plain of the Tinto river (Huelva). Paleoenvironmental implications

J.C. Fernández Caliani (*) y E. Galán (**)

(*) Dpto. Geología, Fac. CC. Experimentales, Univ. Huelva, 21819-Palos de la Fra. (Huelva)

(**) Dpto. Cristalografía y Mineralogía, Fac. Química, Univ. Sevilla, 41071-Sevilla

ABSTRACT

This paper describes the occurrence of authigenic gypsum on the flood plain of the Río Tinto, a river highly polluted by acid mine-drainage. Gypsum appears typically as isolated tabular crystals of selenite scattered within the muddy sediment, and associated with clay minerals, quartz, feldspars and halite. Both field and experimental data strongly suggest that the gypsum precipitated authigenically on the mudflat as a result of the reaction of acidic sulphate waters with detrital and biogenic calcite locally supplied by unpolluted tributaries. Consequently, in this case the presence of authigenic gypsum could be used as a paleoenvironmental indicator of the stream contamination.

Key words: gypsum, authigenesis, paleoenvironmental indicator, Río Tinto, Huelva.

Geogaceta, 21 (1997), 101-104

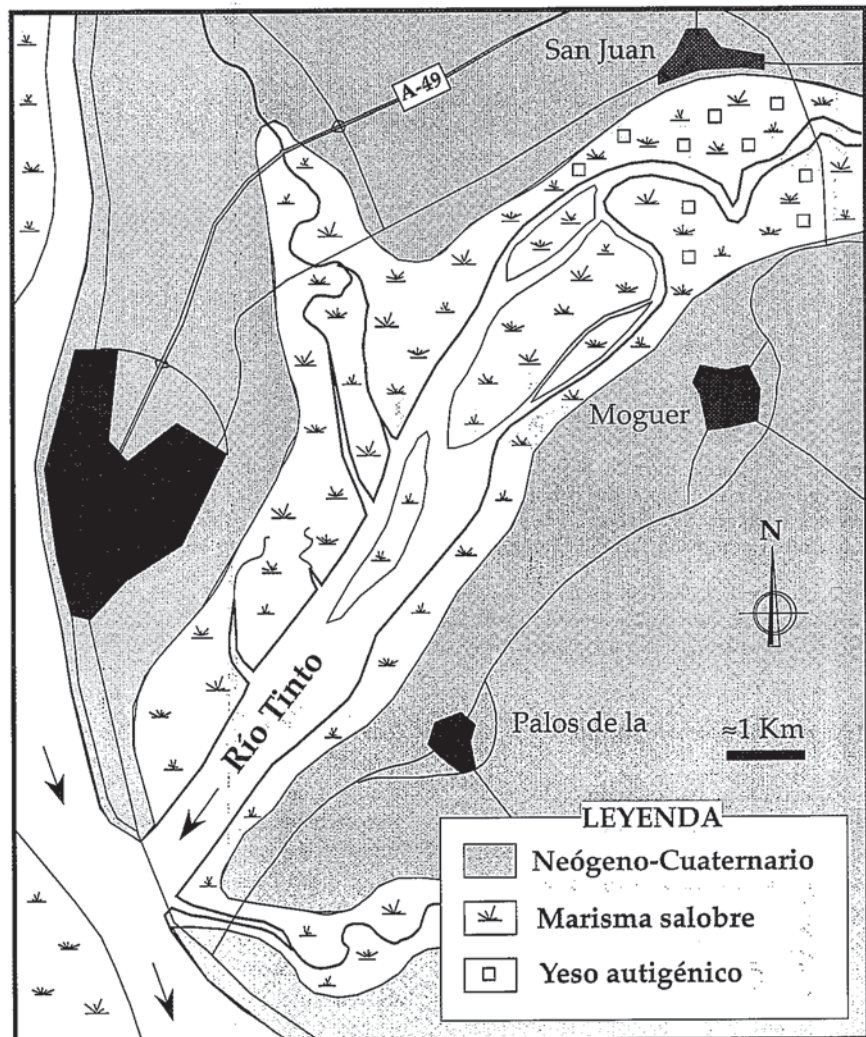
ISSN: 0213683X

Introducción

El yeso es un sulfato relativamente común en los depósitos sedimentarios de todo el mundo, que suele encontrarse asociado a calizas, margas y arcillas de cualquier edad geológica. En general, su origen se atribuye a procesos evaporíticos, por precipitación directa a partir de una salmuera, aunque también puede formarse naturalmente por hidratación de anhidrita, por la acción de soluciones sulfatadas ácidas sobre rocas calcáreas, o bien por procesos diagenéticos (Bain, 1990). En este trabajo se describe la presencia de yeso autigénico en la llanura de inundación del río Tinto, un medio fluvial extremadamente contaminado por las aguas ácidas procedentes del drenaje de las labores mineras de Riotinto. A partir de observaciones de campo y datos experimentales, se explica la formación de la salmuera y precipitación del yeso, y se sugiere la aplicación de este mineral como indicador paleoambiental en este peculiar sistema fluvial.

Fig. 1.- Esquema geológico del estuario fluvial del río Tinto y localización de los depósitos de yeso autigénico.

Fig. 1.- Simplified geological map of the Tinto upper estuary showing the location of the authigenic gypsum deposits.



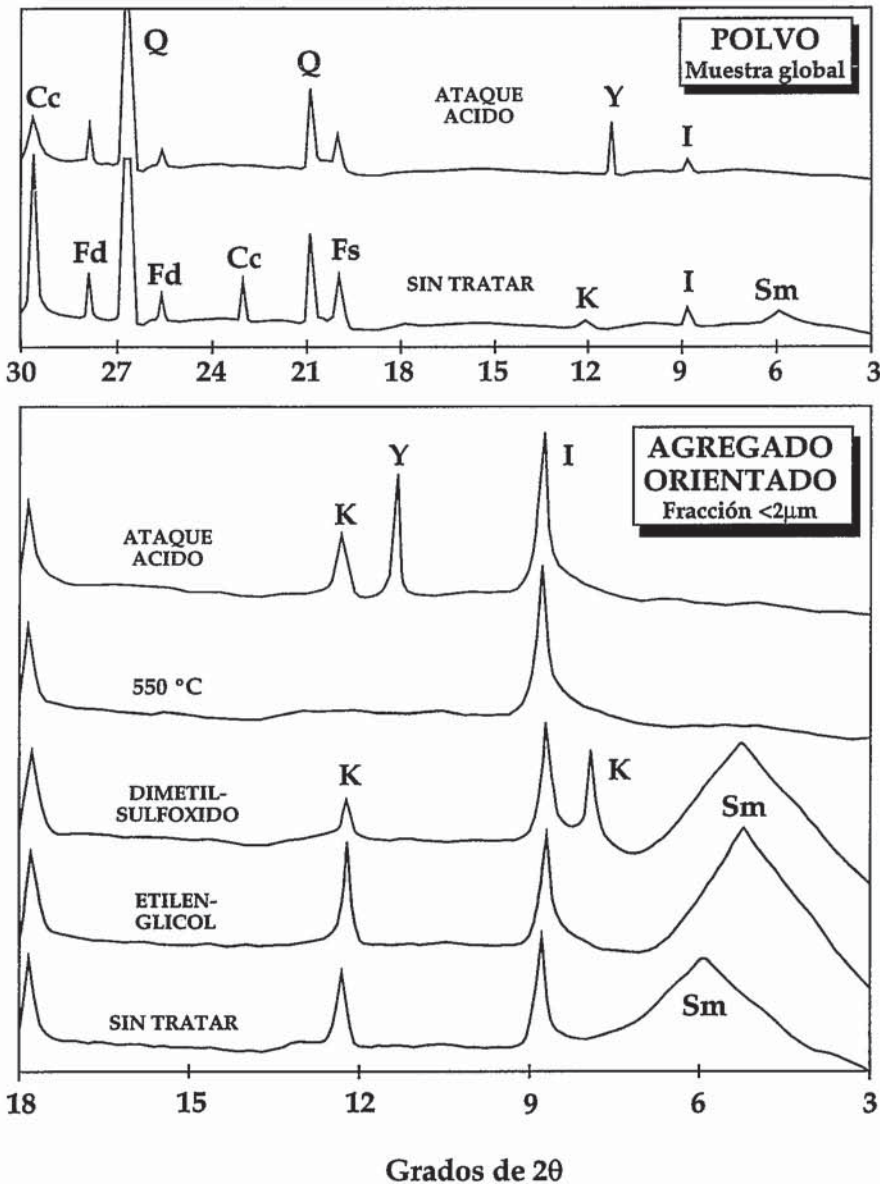


Fig. 2.- Difractogramas de polvo y de agregado orientado de los sedimentos margosos drenados por el Tinto y sus tributarios de la cuenca inferior, una vez sometidos a diferentes tratamientos. Nótese la disolución parcial de la calcita y la desaparición de las esmectitas cuando son tratadas con el agua ácida del río, así como la formación de yeso.

Fig. 2.- X-ray diffraction patterns of powder and oriented aggregate of marly sediments drained by the Tinto river and their tributaries after different treatments. Note the partial dissolution of calcite and disappearance of smectites after the acid attack with river water.

Material y método de estudio

El estudio se ha centrado en los sedimentos de la llanura supramareal del estuario del río Tinto, entre las localidades de San Juan del Puerto y Moguer (Fig. 1). Se seleccionaron ocho muestras representativas de la capa sedimentaria más superficial para análisis mineralógico por difracción de rayos-X (método de polvo). Los minerales

de la arcilla fueron identificados y cuantificados en la fracción <2mm, utilizando agregados orientados sometidos a los tratamientos habituales. Además, se recogió una muestra de los sedimentos margosos que recibe el río Tinto en su curso bajo, con la finalidad de someterla a un tratamiento específico con el agua ácida y sulfatada del río, y en su caso obtener cristales de yeso en el laboratorio. El estudio morfológico de los

cristales de yeso se ha realizado con un microscopio electrónico de barrido equipado con un microanalizador de energías de rayos-X dispersados.

Resultados

Los sedimentos de la llanura de inundación son de tonalidades pardas, aunque se encuentran parcialmente tapizados por una costra salina de color blanco, y se caracterizan por su naturaleza limo-arcillosa. Desde el punto de vista mineralógico, están compuestos mayoritariamente por filosilicatos (70-75% de la muestra global) y proporciones subordinadas de cuarzo (10-15%), feldespatos (<5%), yeso (5-15%) y halita (5-10%). Los filosilicatos presentes en la fracción arcilla son únicamente illita y caolinita, con una relación de abundancia de 4 a 1. Conviene destacar la ausencia de calcita y esmectitas en estos sedimentos, a pesar de que son minerales relativamente abundantes en los materiales detrítico-carbonatados que drenan el río Tinto y sus tributarios (Fernández Caliani *et al.* 1996; Galán *et al.* 1996). En efecto, de acuerdo con los resultados experimentales (Fig. 2), la calcita y las esmectitas se disuelven rápidamente en contacto con el agua ácida del río, y al mismo tiempo se produce la precipitación de yeso, con la consiguiente neutralización del agua, que pasa de tener un pH de 2,4 a 6,8.

Los cristales de yeso son de tamaño milimétrico y aparecen diseminados en el fango arcilloso (Fig. 3A). Se tratan de cristales euhedrales, de morfología tabular con un desarrollo importante del pinacoide {010}, con brillo vítreo, incoloros y transparentes (variedad selenita). El maclado está presente aunque no es común. Por el contrario, los cristales de yeso precipitados en el laboratorio (Fig. 3B, C y D) típicamente constituyen agregados radiales de cristales prismáticos muy alargados según el eje cristalográfico C, y son frecuentes las maclas de contacto en forma de cola de golondrina. En todos los casos, los cristales presentan una elevada pureza química, dado que los espectros EDS sólo detectan algunas trazas de magnesio.

Formación del yeso

Las aguas del río Tinto se caracterizan por su extrema acidez y un elevado contenido en sulfatos y metales pesados disueltos - especialmente hierro- (Nelson y Lamothe, 1993; Elbaz-Poulichet y Leblanc, 1996), como consecuencia de los procesos de oxidación que tienen lugar, en condiciones aerobias y bajo la acción de

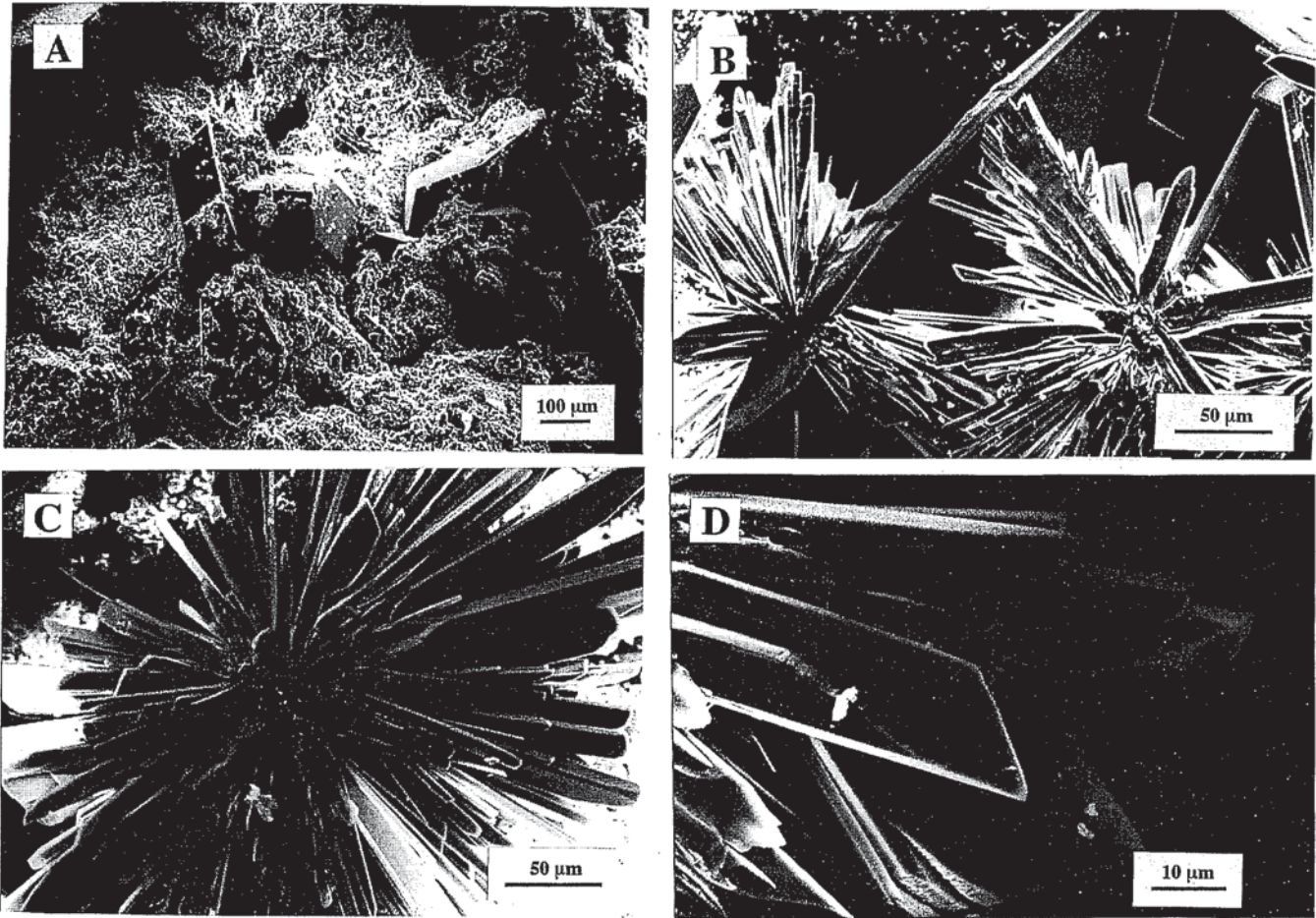
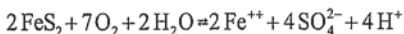


Fig. 3.- Aspectos morfológicos observados al SEM de los cristales tabulares de yeso que aparecen diseminados en los sedimentos arcillosos de la llanura de inundación (A), y de los agregados cristalinos obtenidos en el laboratorio a partir de una solución acuosa sobresaturada en iones calcio y sulfato (B), entre los cuales son muy frecuentes los agregados radiales de cristales aciculares (C) y los cristales maclados en cola de golondrina (D).

Fig. 3.- SEM photographs showing morphologic features of tabular gypsum crystals naturally occurring within the clayey sediment of the flood plain (A), and crystal aggregates experimentally obtained from an aqueous solution saturated in both calcium and sulphate ions (B), in which radiating clusters of acicular crystals (C) and swallowtail contact twins are very common (D).

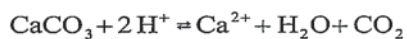
bacterias catalizadoras, sobre las masas de pirita aflorantes en la cabecera del río, de acuerdo con la siguiente reacción:



Por esta razón, generalmente se obtienen pH's inferiores a 2,5 y concentraciones de sulfatos próximas a 6.000 mg/l (INYPISA, 1990), lo que explica la existencia de abundantes costras ocre y amarillentas de sulfatos de hierro, tales como melanterita, jarosita y halotriquita, precipitados sobre los sedimentos del curso alto y medio del río.

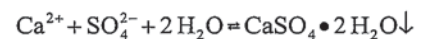
Para explicar la formación de yeso en el estuario fluvial del Tinto no se requieren

grandes cambios en las condiciones físico-químicas del agua; sólo se necesita la introducción de iones calcio disueltos en exceso. De acuerdo con los ensayos de laboratorio, esta especie química probablemente procede de la disolución en medio ácido de la calcita detrítica y biogénica que aportan los materiales margosos y calcareníticos drenados por el Tinto y sus tributarios, según la reacción de disociación:



Por lo tanto, los iones calcio y sulfato están disponibles en las salmueras hipersalinas someras que permanecen en la llanura supramareal después de una creci-

da, y se combinan para formar cristales de yeso por precipitación química, una vez que el producto de las concentraciones iónicas de SO_4^{2-} y Ca^{2+} superó el producto de solubilidad de este mineral, mediante la reacción:



La naturaleza euhedral del yeso sugiere un crecimiento cristalino lento, probablemente en la interfase agua-sedimento, y confirma su carácter autigénico. Las diferencias morfológicas observadas con respecto a los cristales precipitados en el laboratorio podrían obedecer a variaciones de pH, salinidad, temperatura, espacio dispo-

nible y grado de sobresaturación del medio (Cody y Cody, 1988).

Implicaciones paleoambientales

La formación de yeso autigénico en la llanura de inundación del río Tinto tiene implicaciones paleoambientales interesantes. En primer lugar, cabe señalar su aplicación como mineral indicador de la contaminación por sulfatos. Por otra parte, la morfología de los cristales de yeso refleja unas condiciones de crecimiento que se deben relacionar con las características físico-quí-

micas del medio. Por consiguiente, con este trabajo preliminar se abre una nueva línea de investigación sobre la evolución de la contaminación del río Tinto, que puede complementarse con las técnicas clásicas de geoquímica de sedimentos.

Referencias

Bain, R.J. (1990): *Geology*, 18: 447-450.
Cody, R.D. y Cody, A.M. (1988): *J. Sed. Petrol.* 58: 247-255.
Elbaz-Poulichet, F. y Leblanc, M. (1996): *C.R. Acad. Sci. Paris*, 322: 1047-1052.

Fernández Caliani, J.C., Requena, A. y Galán, E. (1996): *Advances in Clay Minerals*, 218-220. Spanish-Italian Meeting on Clay Minerals, Granada.
Galán, E., Requena, A. y Fernández Caliani, J.C. (1996): XIV Conference on Clay Mineralogy and Petrology, Banská Štiavnica (Eslovaquia).
INYPSA (1990): *Plan de medidas correctoras de las cuencas de los ríos Tinto y Odiel*. Agencia de Medio Ambiente, Junta de Andalucía (documento inédito).
Nelson, C.H. y Lamothe, P.J. (1993): *Estuaries*, 16: 496-511.