

Elementos de Tierras Raras como Indicadores de Origen de los Cherts Silúrico-Devónicos de Zamora (España)

/ AGUSTINA FERNÁNDEZ FERNÁNDEZ (*), CANDELAS MORO BENITO, MARÍA LUISA CEMBRANOS PÉREZ

Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Pl. de los Caídos s/n. Universidad de Salamanca. 37008, Salamanca (España)

INTRODUCCIÓN.

En este trabajo se discute el origen y el ambiente de formación de las rocas silíceas silúrico-devónicas de Zamora, en función de sus características geoquímicas, fundamentalmente de los contenidos en tierras raras, comparándose con el establecido en base a las características metalogénicas de las mineralizaciones de Ba-P-Fe-Mn tipo sedex (Moro et al., 1997) y a las características estratigráficas y estructurales de estos materiales, dentro de los cuales González Clavijo (1998) ha diferenciado 4 formaciones: Manzanal del Barco, Rábano, Almendra y San Vitero.

Los chert estudiados encajan en los materiales que integran las formaciones Manzanal de Barco y Rábano.

MUESTRAS Y MÉTODOS ANALÍTICOS.

Se han analizado por ICP e INAA los elementos mayores y traza en Activation Laboratories de Ontario (Canadá) en 43 muestras correspondientes a la Fm. Manzanal del Barco, de las cuales 3 son cherts ferruginosos y 4 cherts fosfatados y en 19 muestras de la Fm. Rábano, determinándose mediante ICP-Ms las REE en 19 de estas muestras. En otras 16 muestras se analizaron las REE mediante ICP-Ms en Royal Holloway, Universidad de Londres.

Las anomalías en Ce (Ce/Ce^*) y en Eu (Eu/Eu^*) fueron calculadas a partir de valores normalizados al NASC, en función del La y Pr y del Sm y Gd, respectivamente.

CARACTERÍSTICAS ESTRATIGRÁFICAS Y MINERALÓGICAS.

Los cherts negros y grises se disponen en niveles o lentejones de potencia centimétrica a métrica. Tienen una

estructura compacta, masiva o débilmente bandeada debido a la presencia de lechos milimétricos interestratificados de pizarras silíceas y carbonosas.

Mineralógicamente están constituidos por cuarzo micro- a cripto-cristalino como mineral esencial y moscovita-sericita, illita, clorita, carbonatos, rutilo, pirlita y óxidos de Fe y Mn como accesorios. Variscita-(strengita), crandallita, apatito, turquesa, xenotima, monacita-(La), monacita-(Nd) y barita son otros de los minerales localmente importantes, en base a los cuales Moro et al. (1998) diferenciaron los siguientes tipos de cherts: fosfatados, ferruginosos y baríticos

CARACTERÍSTICAS GEOQUÍMICAS.

Elementos Mayores y Traza.

Geoquímicamente, los cherts de ambas formaciones son muy silíceos ($SiO_2 > 90\%$) con la excepción de las muestras mineralizadas enriquecidas en Fe ($Fe_2O_3 > 30\%$), en P (P_2O_5 de 8-30%) y en Ba (4%). El resto de las muestras presentan contenidos en Fe_2O_3 que oscilan entre 0,3 y 2,1% y los de P_2O_5 se encuentran mayoritariamente por debajo del 0,5%, únicamente un grupo muy reducido tienen contenidos anómalos, entre 0,6 y 2,8%.

De los elementos traza cabe destacar, los bajos contenidos en TiO_2 de los cherts no mineralizados, inferiores al 0,06% y en Co, Ni y Cu (\sum 11-100 ppm), únicamente 3 muestras presentan valores por encima de ese intervalo debido a los altos contenidos de Cu.

El estudio litogeoquímico y el tratamiento estadístico realizado con los resultados analíticos de las muestras de las formaciones Manzanal del Barco y Rábano, reflejan la presencia de las

siguientes fases minerales: (1) silícea (cuarzo) que es la principal, (2) fosfatos de Al (variscita), de Al-Ca (crandallita), de Ca (apatito), de Cu (turquesa) y de REE, a los que van asociados el Y y el Sr, (3) aluminosilicatos de K (moscovita) y de Mg-Fe (clorita), a los que van asociados el Cu, V, Sc, Be, Ba, U, Th, Ag, As, Br y Cs así como el Ti y el Zr que parcialmente van como rutilo y circón respectivamente, (4) óxidos de Fe a los que van asociados el Cr, Zn, Ni, Co y parcialmente la Ag y, finalmente, (5) materia carbonosa y sulfuros a los que van asociados el Mo, Sb, y parcialmente el Cu, Ni, Cr, Br y Cs.

Elementos de Tierras Raras.

Las muestras de cherts negros y grises correspondientes a las formaciones Manzanal del Barco y Rábano, están mayoritariamente empobrecidas en REE al normalizarlas al NASC, e igualmente los cherts anómalos en Ba. Por el contrario, los chert mineralizados, fosfatados y ferruginosos, se encuentran enriquecidos en REE y también las muestras anómalas en P están enriquecidas especialmente en REE pesadas (Fig. 1).

La mayoría de las muestras presentan valores de la anomalía en (Ce/Ce^*) inferiores a la unidad, incluidos los cherts mineralizados, con la excepción de los chert con contenidos anómalos en Ba que tienen valores ligeramente superiores. Por su parte, la anomalía en Eu tiene un valor muy próximo o superior a la unidad en todos ellos (Fig. 2).

Por su parte, la relación La_n/Yb_n varía entre 0,1 y 1,7 y la relación La_n/Ce_n entre 0,7 y 2,23, salvo en algunas muestras enriquecidas en P cuyo valor oscila entre 2,1 y 4,31 y entre 2,57 y 2,85, respectivamente (Fig. 2).

palabras clave: Chert, Elementos de Tierras Raras, Ambiente de Depósito, Zamora.

key words: Chert, Rare Earth Elements, Depositional Environment, Zamora

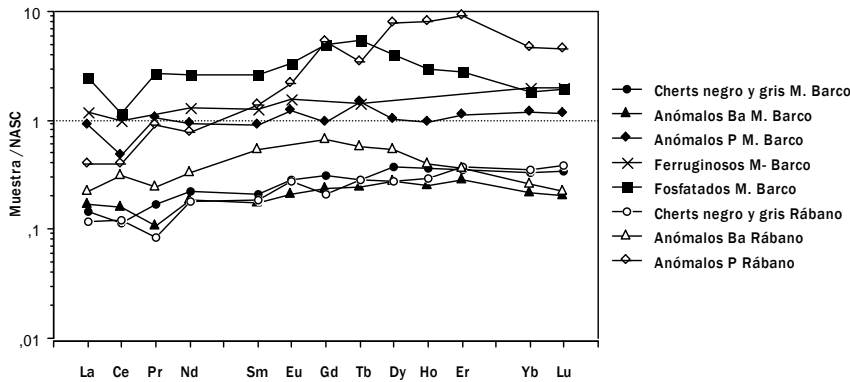


fig 1. Espectros de distribución de las REE normalizadas al NASC de los cherts estudiados.

ORIGEN Y AMBIENTE DE FORMACIÓN.

Para determinar el origen y el ambiente de formación de los cherts estudiados, se han tenido en cuenta fundamentalmente los elementos de tierras raras, y se han comparado con los establecidos por otros autores para cherts de distintos orígenes (Shimizu y Masuda, 1977; Murray et al., 1991, Murray, 1994, Chen et al., 2006).

Las anomalías, positiva en Eu y negativa en Ce, sugieren una influencia de fluidos hidrotermales en la formación de los cherts (German et al, 1999, Chen et al., 2006), reforzando el origen hidrotermal sugerido por los contenidos en TiO₂ de los cherts no mineralizados (<0.06%), los bajos contenidos en Co, Ni y Cu (Σ 11-100 ppm) junto con los altos contenidos en Fe₂O₃ (> 0,3%), si bien el valor medio de la relación Al/(Al+Fe+Mn) apunta hacia un origen biogénico.

En cuanto al ambiente de formación, los valores de la anomalía en Ce (Ce/Ce*) de los cherts, incluidos los cherts fosfatados y ferruginosos, caen dentro o están próximos al rango de valores que presentan los cherts profundos, formados en una cuenca marina abierta (Murray et al., 1991, Shimizu y Masuda, 1977). Y lo mismo ocurre con las relaciones La_n/Yb_n y La_n/Ce_n que sitúan a los cherts mayoritariamente en un ambiente de cuenca marina abierta (Murray, 1994) (Fig. 2).

Por lo tanto, los espectros de distribución de las REE, la anomalía negativa en Ce y las relaciones La_n/Yb_n y La_n/Ce_n sugieren la participación de fluidos hidrotermales en el origen de los cherts y determinan su formación en un medio marino abierto.

AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo se ha realizado en el marco del Proyecto de Investigación N° SA 015A06 de la Junta de Castilla y León.

REFERENCIAS.

Chen, D., Qing, H., Yan, X., Li, H. (2006): Hydrothermal venting and basin evolution (Devonian, South China): constraints from rare earth element geochemistry of chert. *Sediment. Geol.*, **183**, 203-216.
 German, C.R., Hergt, J., Palmer, M.R., Edmond, J.M. (1999): Geochemistry of a hydrothermal sediment core from the OBS vent-field, 21°N East Pacific Rise. *Chem. Geol.*, **155**, 65-75.

González Clavijo, E.J. (1998): *La geología del Sinforme de Alcañices, oeste de Zamora. Tesis Doctoral, Universidad de Salamanca. 330p.*
 Moro, M.C., Pérez del Villar, L., Cembranos, M.L. (1997): *The Silurian Siliceous Rocks and Associated Variscite Mineralizations in the Palazuelo de las Cuevas Sector (Zamora Province, Spain). In "Siliceous Rocks and Culture". A. Ramos-Millán y M.A. Bustillo.eds. Universidad de Granada, España, 13-32.*
 -, Fernández, A., Cembranos, M. L. (1998): *Mineralogía y geoquímica de los cherts silúrico-devónicos del Sinforme de Alcañices (Zamora, España). Bol. Soc. Esp. Min., 21-A, 158-159.*
 Murray, R.W. (1994): *Chemical criteria to identify the depositional environment of chert: general principles and applications. Sediment. Geol., 90, 213-232.*
 -, Buchholtz ten Brink, M.R., Gerlach, D.C., Russ, G.P., Jones, D.L. (1991): *Rare earth, major and trace elements in chert from the Franciscan Complex and Monterey Group, California: assessing REE sources to fine-grained marine sediments. Geochim. Cosmochim. Acta, 55, 1875-1895.*
 Shimizu, H., Masuda, A. (1977): *Cerium in chert as an indication of marine environment of its formation. Nature, 266, 346-348.*

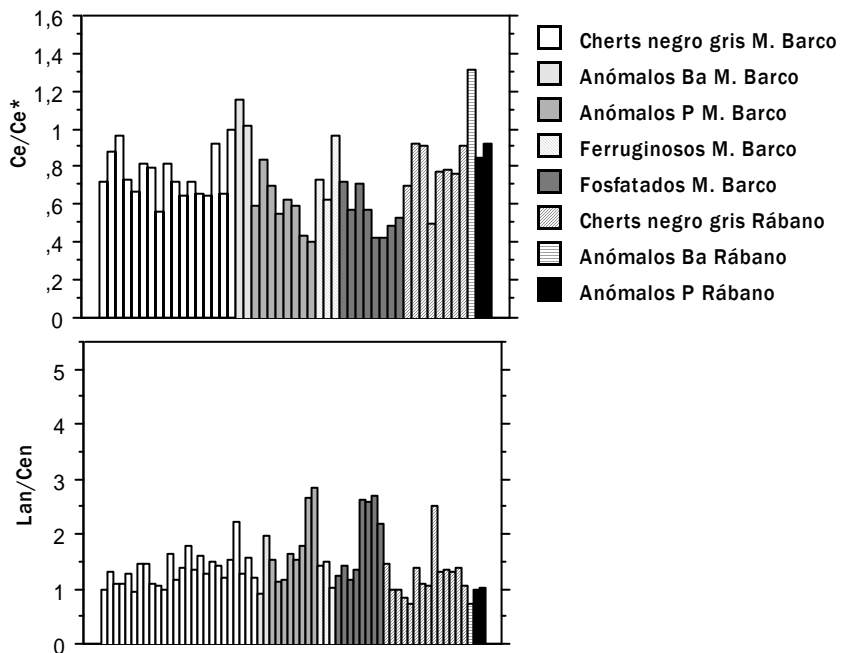


fig 2. Representación gráfica de las anomalías en Ce y las relaciones La_n/Ce_n para los distintos tipos de cherts de las formaciones Manzanal del Barco y Rábano.