

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al Dpto. de Ingeniería Química y Combustibles de la E.T.S.I. de Minas de Madrid, por las facilidades dadas en la realización de los ensayos Rock-Eval. Trabajo realizado dentro del proyecto DGICYT PB89-0221-C02-02.

Bibliografía

Anand, R. R.; Gilkes, R. J.; Armitage, T. M. & Hillyer, J. W. (1985): *Clays and Clay Minerals*, 33, 31-43.

Bustin, R. M. (1989): En: Short course in burial diagenesis (Hutcheon, I. E., Eds.): *Mineralogical Association of Canada*, 15, 1-38.
 Espitalie, J.; Madec, M.; Menning, J. L. & Leplant, P. (1977): *Offshore Techn. Conf.* paper 2.935.
 Espitalie, J.; Deroo, G. et Marquis, F. (1985-1986): *Rev. Inst. Français Pétrole*, 40, 563-580; 40, 755-784; 40, 7-89.
 Fein, J. B. (1991a): *Geology*, 19, 1.037-1.040.
 Fein, J. B. (1991b): *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 55, 955-964.
 IGME (1980): Mapa Geológico de España, E. 1:50.000. Hoja 349. Cabrejas del Pinar.

Schmidt, V., & McDonald, D. A. (1979): En: *Aspects of diagenesis*. (Scholle, P. A., & Schluger, P. R., Eds.). Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication, 26, 175-207.
 Stoessell, R. K., & Pittman, E. D. (1990): *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 74, 1.795-1.805.
 Surdam, R. C.; Boese, S. W. & Crossey, L. J. (1984): En: *Clastic diagenesis*. (McDonald, D. A. & Surdam, R. C., Eds.). American Association of Petroleum Geologists Memoir, 37, 127-149.

Recibido el 30 de enero de 1992
 Aceptado el 21 de febrero de 1992

Litologías manganesíferas del área central de Ossa-Morena (SW de Badajoz)

Manganese lithologies of the central area of Ossa-Morena

J. Jiménez Millán (*), G. Ruiz de Almodóvar (**) y N. Velilla (*)

(*) Dpto. Mineralogía y Petrología. Univ. de Granada. I.A.G.M. 18002 Granada.

(**) Dpto. Cristalografía, Mineralogía y Q. Agrícola. Univ. de Sevilla. 21819-La Rábida (Huelva).

ABSTRACT

Manganese lithologies from Oliva de la Frontera area occur in the Cumbres-Hinojales unit (Ossa-Morena South-Central Belt) within a Lower Ordovician age volcanosedimentary sequence. Petrographic study allows to differentiate six Mn-Fe lithologies: Mn-crystal tuffs, Mn-shales, cotícules, Mn-pyroxenoid rich rocks, braunite layers and hematite layers. Al/(Al+Fe+Mn) and Na/(Na+K) discriminating ratios support the above classification. Geologic, mineral, textural and geochemical data provide clues about the mixture process among volcanic, terrigene and chemical materials that originated the protoliths of the metamorphic manganese lithologies.

Key words: *manganese, protoliths, metamorphic rocks, stratiform morphologies, Ossa-Morena Zone.*

Geogaceta, 12 (1992), 46-49.
 ISSN: 0213683X

Introducción

Un número considerable de rocas ricas en manganeso presentan morfologías estratiformes y bandeadas. Este hecho ha llevado a algunos autores (Dasgupta *et al.*, 1990; Huebner y Flohr, 1990) a utilizar el término de «manganese formation» para poner de manifiesto las analogías existentes entre las «iron formation» y las rocas manganesíferas que presentan disposición estratiforme. Los sistemas metamórficos ricos en Mn suelen presentar numerosas y complejas asociaciones minerales. La composición global de los materiales premetamórficos ejerce una influencia decisiva en la aparición de determinados minerales, llegando a ser el factor más importante que con-

trola la mineralogía de los niveles manganesíferos (Ashley, 1989; Jiménez Millán y Velilla, en prensa). Algunos de los estudios más recientes (Huebner y Flohr, 1990; Dasgupta *et al.*, 1990; Huebner *et al.*, 1992; Jiménez Millán y Velilla, en prensa) se han esforzado en reconocer la naturaleza de los protolitos de las rocas metamórficas ricas en manganeso. El interés de este estudio estriba en que la determinación correcta de estos precursores ayuda a interpretar el ambiente de depósito y la evolución diagénética y/o metamórfica de las rocas manganesíferas. En este trabajo se presenta una sistematización mineralógica, petrográfica y geoquímica de las rocas estratiformes ricas en manganeso del área de Oliva de la Frontera (SW de

Badajoz) (Fig. 1a). Están enclavadas en los materiales de la Unidad tectonoestratigráfica de Cumbres-Hinojales (definida por Apalategui y Sánchez Carretero, 1991) que presenta una secuencia estratigráfica que comprende desde el Cámbrico al Devónico inferior (fig. 1b). Ruiz de Almodóvar (1983) reconoció en el área estudiada la existencia de un complejo vulcanosedimentario de edad Cámbrico superior-Ordovícico inferior al que aparecen asociadas las rocas manganesíferas.

Litologías

El tramo de la secuencia estratigráfica en el que se encuentran las rocas ricas en manganeso se caracteriza por su heterogeneidad litológica. A pesar

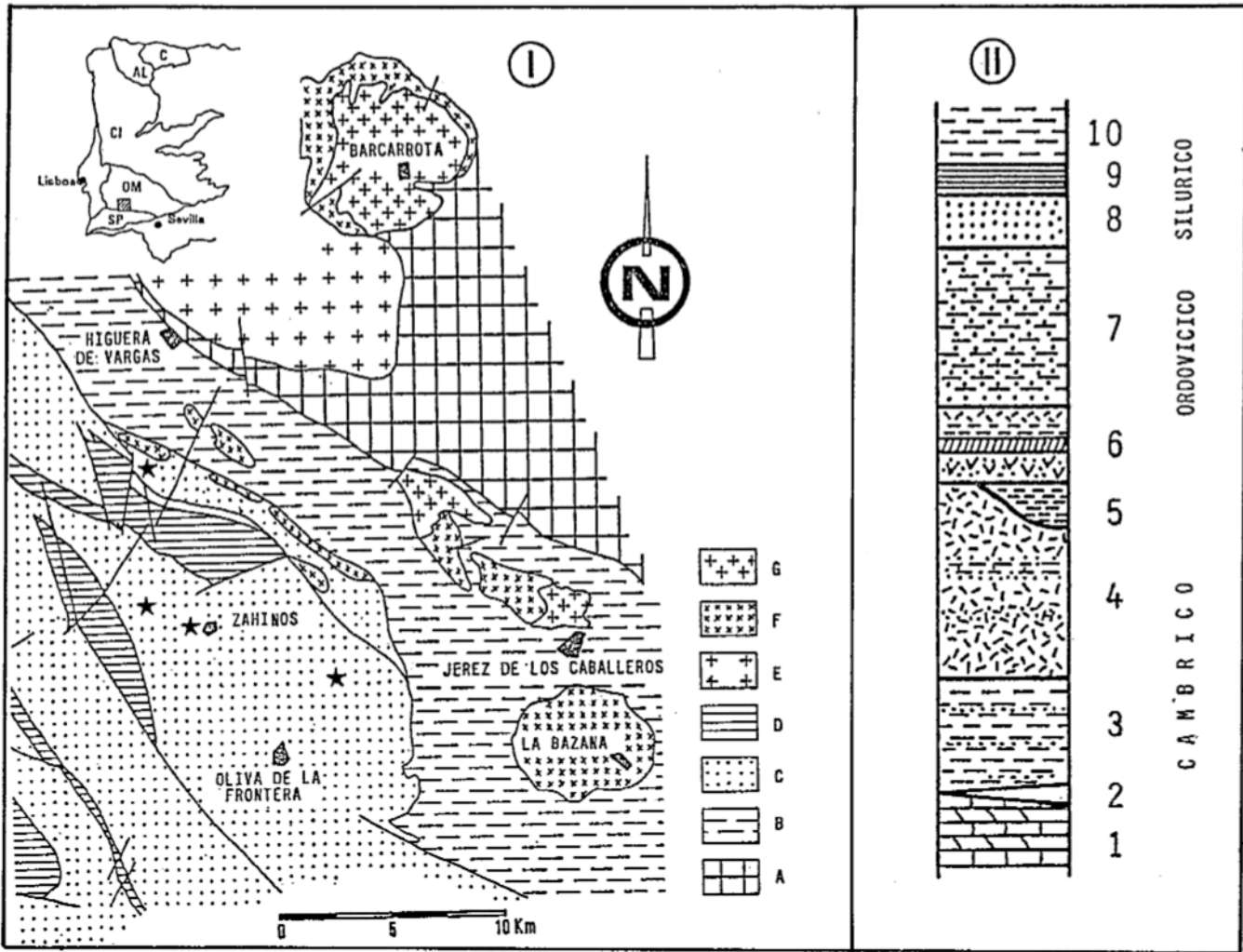


Fig. 1.—(I).—Mapa geológico del área de Oliva de la Frontera. A: Precámbrico; B: Cámbrico Inferior; C: Cámbrico superior-Ordovícico; D: Silúrico; E: Granitoides deformados; F: Granitoides postectónicos; G: Gabros y dioritas. (II).— Secuencia estratigráfica del área estudiada. 1: Calizas y dolomías; 2: Complejo vulcanosedimentario supracalcáreo; 3: Formación detrítica de Jerez; 4: Serie vulcanosedimentaria espilitica; 5: Esquistos de Fatuquedo; 6: Complejo vulcanosedimentario de Zahinos; 7: Esquistos de Barrancos; 8: Grauwacas de Sierra Colorada; 9: Ampelitas; 10: Pizarras con turbiditas; *: Afloramientos de rocas manganíferas.

Fig. 1.—(I).—Geological map from the Oliva de la Frontera area. A: Precambrian; B: Lower Cambrian; C: Upper Cambrian-Ordovician; D: Silurian; E: Tectonized granitoids; F: Post-tectonic granitoid; G: Gabbros and diorites. (II).— 1: Limestones and dolostones; 2: Volcanosedimentary rocks; 3: Detrital Jerez formation; 4: Spilitic volcanosedimentary series; 5: Fatuquedo schists; 6: Zahinos volcanosedimentary complex; 7: Barrancos schists; 8: Sierra Colorado grey-wackes; 9: Ampelites; 10: Shales with turbidites; *: Mn-rock outcrops.

de los efectos del metamorfismo, desde el punto de vista petrográfico, hemos identificado la existencia en origen de litologías volcánicas y sedimentarias. La tabla 1 presenta la caracterización mineralógica de las litologías que a continuación se describen.

Tobas cristalinas ácidas

Bajo esta denominación incluimos un grupo de rocas de textura vulcanoclástica, compuesta por cristales hipidiomorfos o fragmentos de cristales de albita inmersos en una matriz silíceo microcristalina. Macroscópicamente

se distingue un bandeo definido por concentraciones de óxidos de hierro o niveles lenticulares ricos en braunita.

Desde el punto de vista mineralógico, se puede diferenciar un grupo de tobas que presentan minerales metamórficos ricos en Mn. Este grupo de rocas coincide, de forma general, con las tobas manganíferas definidas por Ruiz de Almodóvar (1983) y Ruiz de Almodóvar y Galán (1984). En este estudio hemos considerado también como tobas cristalinas con Mn algunas de las rocas que Ruiz de Almodóvar (1983) clasificó como corneanas, en las que a pesar del en-

mascamiento debido a la recristalización y la aparición de piroxmanita, su textura y composición modal permite reconocer su origen vulcanoclástico.

Cotículas

El término cotícula ha sido usado en la literatura para referirse a rocas compuestas mayoritariamente por granate espesartínico y cuarzo (véase Spry, 1990). En todos los afloramientos de rocas ricas en Mn del área de Oliva de la Frontera es posible identificar la presencia de cuarcitas con

Asociaciones Minerales

Metacherts.....	—Cuarzo ± hematites ± espesartina ± moscovita
Pizarras.....	—Moscovita + hematites + cuarzo ± clorita
Pizarras con Mn.....	—Moscovita + hematites + espesartina ± piemontita ± braunita ± clorita ± cuarzo
Tobas cristalinas ácidas.....	—Cuarzo + albita + hematites ± moscovita
Tobas cristalinas manganesíferas.....	—Cuarzo + albita + hematites + magnetita + riebeckita Mn ± egrina ± dannemorita ± tirodita ± flogopita Mn ± espesartina
Cotfculas.....	—Espesartina + cuarzo ± hematites ± rutilo ± ilmenita ± dannemorita ± turmalina ± zircón
Capas de braunita.....	—Braunita + hematites ± espesartina ± piemontita ± moscovita —Braunita + hematites ± calcita Mn ± riebeckita Mn
Capas de Hematites.....	—Hematites ± moscovita ± albita
Rocas con piroxenoide.....	—Rodonita y/o piroxmangita = tefroita ± magnetita ± hausmannita ± jacobsita.

Tabla 1.—Litologías distinguidas y sus asociaciones minerales.

Table 1.—Lithologies and their mineral associations.

granate interestratificadas con pizarras, tobas o cherts. Modal y texturalmente se pueden diferenciar dos tipos de cotfculas. En un primer tipo el granate presenta un tamaño de cristal muy pequeño (<25 μm) y se encuentra en proporción inferior al 70%. En estas rocas se aprecia una alternancia de lechos cuarcíticos y lechos ricos en espesartina en los que el granate se dispone formando una red anastomosada alrededor de los granos de cuarzo. En el segundo tipo, los granates presentan mayor tamaño de grano (entre 50 y 100 μm) y una disposición textural en mosaico. Estos granates definen capas de granatitas que alternan con meta-cherts. Las bandas suelen tener gran continuidad lateral y espesor inferior a 5 mm. El granate es la fase rica en Mn mayoritaria. Otros minerales que forman parte de las cotfculas son anfíbol de Fe-Mn (dannemorita), flogopita manganesífera, turmalina, zircón, hematites, rutilo e ilmenita.

Lechos de braunita

Interestratificados entre pizarras y tobas aparecen niveles lenticulares de braunita cuyo espesor es generalmente inferior al centímetro y su continuidad lateral no suele sobrepasar los 20 cm. Al igual que las capas de granatitas, estos lechos presentan fracturas transversales que sólo traspasan ligeramente la continuidad de la laminación. La braunita de estas capas normalmente se encuentra como granos hipidiomorfos o redondeados de tamaño inferior a 60 μm que en algunas ocasiones recrecen a

cristales de cuarzo. La unión de estos granos produce una textura en mosaico. En las venas transversales de los lechos interestratificados con pizarras, cristaliza clorita, con disposición perpendicular a las paredes de las fracturas, y granate y/o piemontita. En las venas de los lechos de braunita que se encuentran entre las tobas hemos identificado la presencia de riebeckita magnésico-manganesífera y de calcita con Mn.

Capas de hematites

Corresponden a lechos muy ricos en hematites que se encuentran interestratificados entre tobas o pizarras.

Su espesor generalmente suele ser de 1 cm, aunque existen algunas capas más gruesas. Su composición mineralógica varía en función de las litologías encajantes.

Rocas con piroxenoides y tefroita

Este conjunto de rocas se caracteriza por la ausencia de texturas originales del protolito del que proceden, las cuales han sido borradas por los efectos del metamorfismo. Por el contrario, presentan una textura metamórfica característica definida por la presencia de porfidoblastos de rodonita que engloban cristales de tefroita y granate. En otras ocasiones,

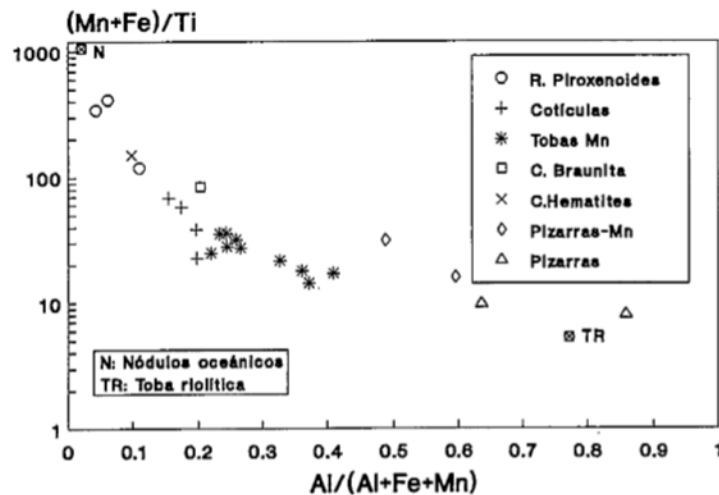


Fig. 2.—Representación de las muestras manganesíferas en el diagrama (Mn + Fe)/Ti vs Al/(Al + Fe + Mn). N: datos de Moorby et al. (1984). TR: datos de Schmincke (1969).

Fig. 2.—(Mn + Fe)/Ti vs Al/(Al + Fe + Mn) plot of Mn-rocks. N: from Moorby et al. (1984). TR: from Schmincke (1969).

	Al / (Al + Fe + Mn)	(Mn + Fe) / Ti	Σ alcalinos	Na / (Na + K)
Pizarras manganesíferas	0,6	24	5	0,05
Tobas cristalinas maganesíferas	0,3	26	5	0,83
Cotículas	0,2	47	0,3	0,34
Capas de braunita	0,2	84	2,5	0,13
Rocas con piroxenoide	0,05	374	0,15	0,63

Tabla 2.—Parámetros geoquímicos discriminantes de las rocas ricas en Mn.

Table 2.—Geochemical discriminating ratios of Mn-rich rocks.

la tefroita y una magnetita manganesífera se presentan como fragmentos nodulares inmersos en una matriz formada por granos de rodonita.

Metacherts

Alternando con capas de granatitas y pizarras se han observado bandas de material cuarcítico con textura en mosaico y sin ninguna evidencia de depósito detrítico o vulcanoclástico, que pueden corresponder, probablemente, a metachert.

Pizarras

La mayor parte de las litologías descritas se encuentran interestratificadas con pizarras cuyo estudio textural no permite aclarar su procedencia volcánica o sedimentaria. Los minerales mayoritarios de las pizarras son moscovita y hematites, junto a los que minoritariamente aparecen cuarzo y clorita. Algunas pizarras contienen espesartina y/o piemontita que se presentan como cristales idiomorfos y en proporción modal inferior al 15% de la roca. También pueden aparecer granos dispersos de braunita, si bien, esta suele formar niveles lenticulares.

Geoquímica y origen

La sistematización mineralógica y petrográfica de las rocas ricas en Mn estudiadas es congruente con los datos geoquímicos disponibles, pudiéndose diferenciar litotipos similares de rocas mediante el uso de parámetros discriminantes: el contenido total en alcalinos y las razones Na/(Na+K) y Al/(Al+Fe+Mn). En la tabla 2 se observa que las pizarras y las tobas se diferencian de las restantes rocas manganesíferas por su elevado contenido

en elementos alcalinos. La razón Na/(Na+K) discrimina entre ambos tipos de rocas. Las tobas cristalinas con manganeso presentan los valores más altos de esta razón de todas las rocas ricas en Mn estudiadas mientras que los más bajos corresponden a las pizarras con Mn. El parámetro que permite mayor discriminación es la razón Al/(Al+Fe+Mn) (fig. 2), que separa, en orden creciente de esta razón, los siguientes grupos de litologías: rocas con piroxenoides y capas de óxidos (con valores frecuentemente inferiores a 0,1), cotículas (0,15-0,20), tobas manganesíferas (0,2-0,4) y pizarras con Mn (>0,5). Como referencia, en la figura 2 se han representado las composiciones de los nódulos hidrotermales e hidrogénicos del fondo de los océanos, así como los valores de distintos tipos de rocas volcánicas y sedimentarias. La distribución en este diagrama de las rocas manganesíferas de Oliva de la Frontera respecto a estas referencias sugiere que las litologías estudiadas se formaron al mezclarse concentraciones manganesíferas con materiales de origen volcánico y/o sedimentario. Las rocas ricas en piroxenoide representan las composiciones más próximas a las concentraciones manganesíferas. Los respectivos materiales que se mezclaron para formar los protolitos de las tobas con Mn y de las pizarras con Mn son fácilmente identificables a partir de las características petrográficas de las mismas. Además, desde un punto de vista geoquímico, puede observarse en la figura 2 que las tobas con manganeso se proyectan entre los puntos de las concentraciones de Mn del fondo oceánico y los de rocas volcánicas ácidas, mientras que las pizarras manganesíferas se alinean mejor con las pizarras sin Mn entre las que se encuentran estratificadas.

El protolito de las cotículas es difícilmente identificable a partir del estudio petrográfico debido a la recrisc-

talización metamórfica que ha borrado las características texturales originales. Spry (1990) ha recopilado las hipótesis propuestas para el origen de este tipo de rocas. La más extendida es la que considera que estas rocas se formaron al producirse una mezcla de material ferromanganesífero con material aluminico de origen terrígeno o pelágico.

En síntesis, los datos geológicos, mineralógicos, texturales y geoquímicos indican que los protolitos de las rocas estudiadas se originaron por distintos procesos de mezcla que implicaron a materiales volcánicos, terrígenos y químicos.

Referencias

- Apalategui Isasa, O. y Sánchez Carretero, R. (1991): *Bol. Geol. Min.*, 102, 339-347.
- Ashey, P. M (1989): *N. Jb. Mineral. Abh.*, 161, 85-111.
- Dasgupta, S.; Banerjee, H.; Fukuoka, M.; Bhattacharya, P. K. y Roy, S. (1990), *Ore Geol. Rev.*, 5, 359-384.
- Huebner, J. S. y Flohr, M. J. K. (1990): *U. S. Geol. Survey Prof. Paper* 1502.
- Huebner, J. S. Flohr, M. J. K. y Grossman, J. (1992): *Chem. Geol.* (en prensa).
- Jiménez Millán, J. y Velilla, N (en prensa), *N. Jb. Mineral. Abh.*
- Moorby, S. A.; Cronan, D. S. y Glasby, G. P. (1984), *Geochim. Cosmochim. Acta*, 48, 433-441.
- Ruiz de Almodóvar, G. (1983): Tesis doctoral Univ. Granada.
- Ruiz de Almodóvar, G y Galán, E. (1984): *I Cong. Esp. Geol.*, II, 643-657.
- Schmincke, H. U. (1969), *Habilitationsschrift Univ. Heidelberg*.
- Spry, P. G. (1990), en: *Regional metamorphism of ore deposits*, Spry y Bryndzia (eds.), VSP, 49-75.

Grupos de Investigación 4065 y 4067 de la Junta de Andalucía.

Recibido el 29 de enero de 1992
Aceptado el 21 de febrero de 1992