

# Estratigrafía y petrología de la región volcánica del Baix Ebre (Tarragona): etapas y edad del magmatismo

*Stratigraphy and petrology of the Baix Ebre volcanic region (Tarragona, Spain): magmatic stages and age*

Tomás Sanz, Marceliano Lago, Andrés Gil, Carlos Galé, Teresa Ubide, Patricia Larrea, Javier Ramajo, Pablo Tierz y Andrés Pocoví

Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad de Zaragoza, 50009-Zaragoza, España

tomassanzserrano@gmail.com, mlago@unizar.es, agil@unizar.es, carlos.gale@gmail.com, teresaubide@gmail.com, plarreamarquez@gmail.com, javierramajo@gmail.com, pablo.tierz.lopez@gmail.com, apocovi@posta.unizar.es

## ABSTRACT

The stratigraphic and petrological study of basaltic outcrops in the Baix Ebre volcanic region (Tarragona, Spain) indicates the development of a pluriepisodic alkaline volcanism during the Late Triassic. Two magmatic stages can be recognised based on the main eruptive style: an initial hidromagmatic stage emplaced within the basal Keuper and a strombolian stage emplaced into the upper Keuper, always below the Imón Fm. (Rhaetian). In this last stage massive igneous bodies (sills) carried xenoliths, which are more abundant in the western part of the studied sector. We think that the magmatic centre was probably situated close to Prat de Compte, given that in this area there is a greater modal abundance of xenoliths, showing the maximum diameter.

**Key-words:** Catalanian Coastal Ranges, alkaline magmatism, Neotethys, xenoliths, Upper-Triassic.

## RESUMEN

El estudio estratigráfico y petrológico del conjunto de afloramientos basálticos de la región del Baix Ebre (Tarragona), permite confirmar un vulcanismo alcalino pluriepisódico acontecido durante el Triásico Superior. Pueden distinguirse dos etapas principales en función del estilo eruptivo predominante: una inicial hidromagmática, emplazada en el Keuper basal, y otra estromboliana que llega al techo del Keuper, por debajo de la Fm. Dolomías de Imón (Retiense). En esta última etapa los materiales masivos, emplazados en forma de sills, transportan xenolitos mantélicos, más abundantes en el sector occidental. En Prat de Compte es donde se da la mayor abundancia modal de xenolitos, y con diámetro máximo, siendo tal vez el lugar más próximo al foco magmático principal.

**Palabras clave:** Cadenas Costero Catalanas, magmatismo alcalino, Neotethys, xenolitos, Triásico superior.

Geogaceta, 52 (2012), 33-36.  
ISSN 2173-6545

Fecha de recepción: 9 de febrero de 2012

Fecha de revisión: 26 de abril de 2012

Fecha de aceptación: 25 de mayo de 2012

## Introducción

Durante el ciclo Triásico, en toda Europa central y occidental, la rotura de Pangea tuvo lugar a lo largo de fracturas que coinciden con antiguas suturas de la colisión Paleozoica (Ziegler, 1982; Ziegler, y Dèzes, 2006). En este contexto se produjo la apertura del Rift del Tethys (Dewey *et al.*, 1973) que se manifiesta, en el sector de la Cordillera Costero Catalana, en: a) un desarrollo de cuencas sin-sedimentarias en semigrábenes que obedecen a ciclos transgresivos-regresivos (Calvet y Ramón, 1987) y que controlan la estratigrafía desde el Anisiense hasta el Noriense, con incrementos en la subsidencia y la potencia sedimentaria general en sentido SO (Anadón *et al.*, 1979; Marzo, 1980); b) la formación de dos siste-

mas principales de fracturas, SO-NE y N-S (Guigon, 1973; Esteban, 1973 y Robles, 1974) y, c) un magmatismo básico con diversas manifestaciones, tanto subvolcánicas como aéreas (Lago *et al.*, 1996 y sus referencias).

En la Cordillera Costero Catalana el Triásico Medio consta de tres unidades, en facies Muschelkalk, que de base a techo son: unidad inferior (M1: dolomías grises y calizas), unidad media (M2: arcillas rojas y yesos) y unidad superior (M3: calizas y dolomías con un tramo transicional a techo de margas ocres; Virgili, 1958). Por su parte el Triásico Superior, en facies Keuper, presenta importantes variaciones laterales de litología y potencia (50 a 150 metros), y consta de tres unidades litoestratigráficas de base a techo (Salvany y Ortí, 1987): Fm.

Yesos de Miravet (K1: coloración gris, 80-100 m), Fm. Arcillas y Yesos del Molar (K2: color rojo vivo, 40-50 m), Fm. Arcillas y Carbonatos del Gallicant (K3: coloración verdosa, con un nivel versicolor en su base). A techo del Triásico Superior se encuentra la Fm. Imón, con un rango de espesores de 3-35 m.

La presencia de rocas volcánicas en esta región ha sido estudiada por Mitjavila y Martí (1986), señalando su afinidad alcalina, su carácter intraplaca y aportando detalladas descripciones de sus afloramientos. Lago *et al.* (1996) incluyen este sector en una provincia magmática alcalina más amplia, asociada al inicio del Neotethys junto con otros sectores del NE de la Península Ibérica (NO de la Cordillera Ibérica, Sierra N de Mallorca), del SE de Francia (Corbières) y

de la región de Écrins-Pelvoux (Alpes franceses).

La presencia de niveles piroclásticos, dentro de materiales de la facies Keuper, ha sido citada por Robles (1974), Ortí y Bayo (1977), Salvany y Ortí (1985). La existencia de niveles sedimentarios intercalados entre dichas manifestaciones ígneas puede emplearse como criterio de edad para este magmatismo, fundamentalmente coetáneo con el Triásico Superior. Sólo unos pocos afloramientos aparecen intercalados en el Triásico Medio, a techo del M2 (brechas de explosión cerca de Rasquera), y en la base del M2 (sill de Tivissa), (Mitjavia y Martí, 1986).

El estudio estratigráfico y petrológico realizado en el magmatismo del sector indicado, nos permiten aportar nuevos datos de cara a establecer la edad de dos grandes etapas ígneas y proponer, por primera vez, su foco emisor.

**Localización de los afloramientos**

El conjunto de rocas ígneas objeto de este estudio afloran dentro del dominio meridional de la Cordillera Costero Catalana (Anadón *et al.*, 1979) en el NE de la Península Ibérica. Comprende pequeños afloramientos aislados dentro de los materiales triásicos en facies Muschelkalk y Keuper, con orientación preferente SO-NE, y localizados en los núcleos de anticlinales. Se distinguen dos grandes sectores a ambos lados del río Ebro (Fig. 1):

a) occidental, situado entre el cabalgamiento de Beceite y la falla del Bajo Ebro, con afloramientos asociados mayoritariamente al Triásico Medio (M3).

b) oriental, subdividido a su vez en dos zonas:

b.1) afloramientos emplazados dentro del Triásico Superior (K1, K2 y K3) y localizados entre la Falla del Bajo Ebro y la Falla de Burgar.

b.2) manifestaciones subvolcánicas de Vandellós-Tivissa, emplazadas en la base de la unidad M2 del Triásico Medio.

**Estudio estratigráfico**

Los trabajos desarrollados en este territorio describen una gran variedad de facies y afloramientos, que hemos agrupado en dos unidades principales (fig. 2):

a) Tobas volcánicas ("Lapilli tuffs", Le Maitre, 2002) amarillentas, atravesadas por

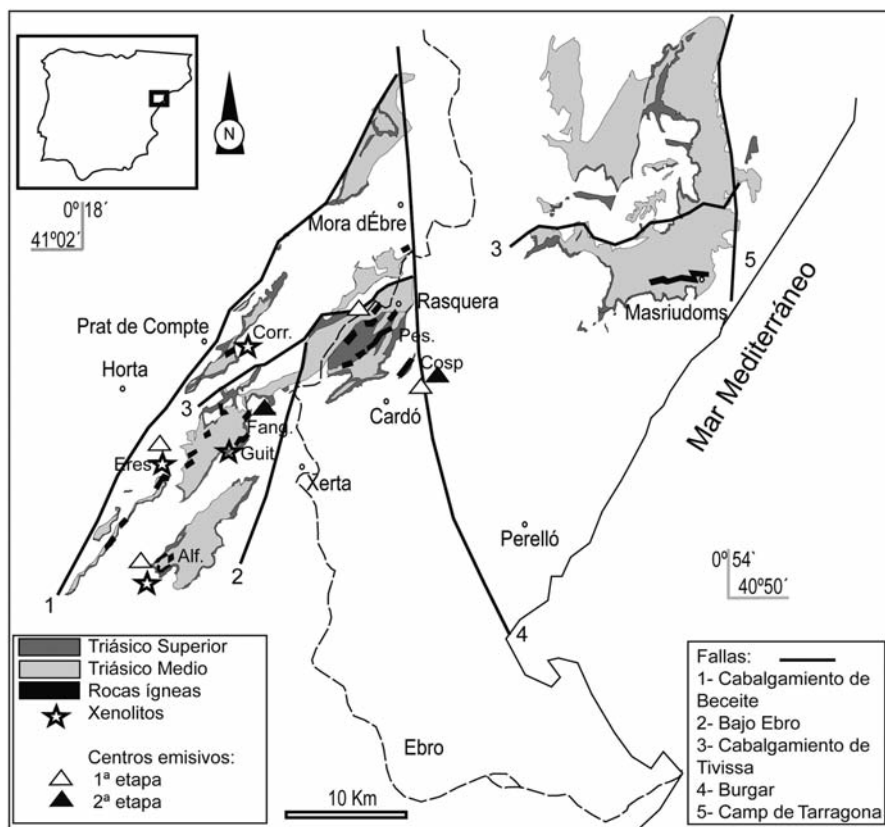


Fig. 1.-Afloramientos y centros eruptivos localizados en el presente trabajo: Alf.: Alfara de Carles, Eres: Mas de les Eres (Horta), Guit.; Mas del Guitarrer (Pauls), Fang.: El Fangar, Corr.: Sierra de los Corrales (Prat de Compte), Pes.: El Pesol (Rasquera), Cosp: Valle del Cosp (Cardó). Modificado del MAGNA 1:50.000 y de: Mitjavia y Martí, 1986.

Fig. 1: Studied outcrops and eruptive centers localized at the present work: Alf.: Alfara de Carles, Eres: Mas de les Eres (Horta), Guit.; Mas del Guitarrer (Pauls), Fang.: El Fangar, Corr.: Sierra de los Corrales (Prat de Compte), Pes.: El Pesol (Rasquera), Cosp: Valle del Cosp (Cardó). Modified from MAGNA 1:50.000 and Mitjavia and Martí, 1986.

diques, lavas y sills, estratigráficamente situadas entre las unidades M2 (Triásico Medio) y K1 (Triásico Superior).

b) Sills emplazados dentro de la facies Keuper, entre las unidades K1 y K3 (Triásico Superior), a menudo limitados superiormente por depósitos piroclásticos de caída escoriáceos, ("Lapillstones", Le Maitre, 2002).

La primera de las unidades se encuentra muy bien representada en el sector occidental (Fig. 1), entre las localidades de Alfara y Mora de Ebro (además de un afloramiento al W de Rasquera). Consta de rocas de aspecto brechoide formadas por clastos juveniles redondeados (bombas de hasta 2 m de diámetro), lapilli armado y fragmentos líticos angulosos mal clasificados (margas y argilitas de la unidad M2, calizas del M3 y cuarcitas y granitos del zócalo paleozoico), sin orientación preferente y con abundante matriz carbonatada amarillenta. Esta unidad está limitada, a techo, por niveles de potencia centimétrica de microconglomerados que incluyen cantos basál-

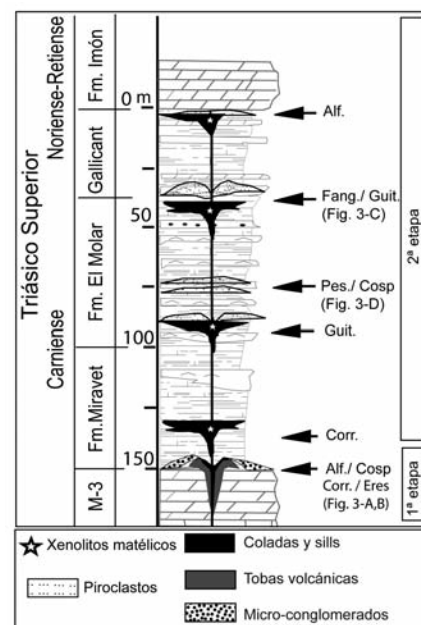


Fig. 2.- Columna sintética de los afloramientos seleccionados. Unidades litológicas explicadas en el texto.

Fig. 2: Synthetic stratigraphic section including all the main studied outcrops. Lithological units described below.

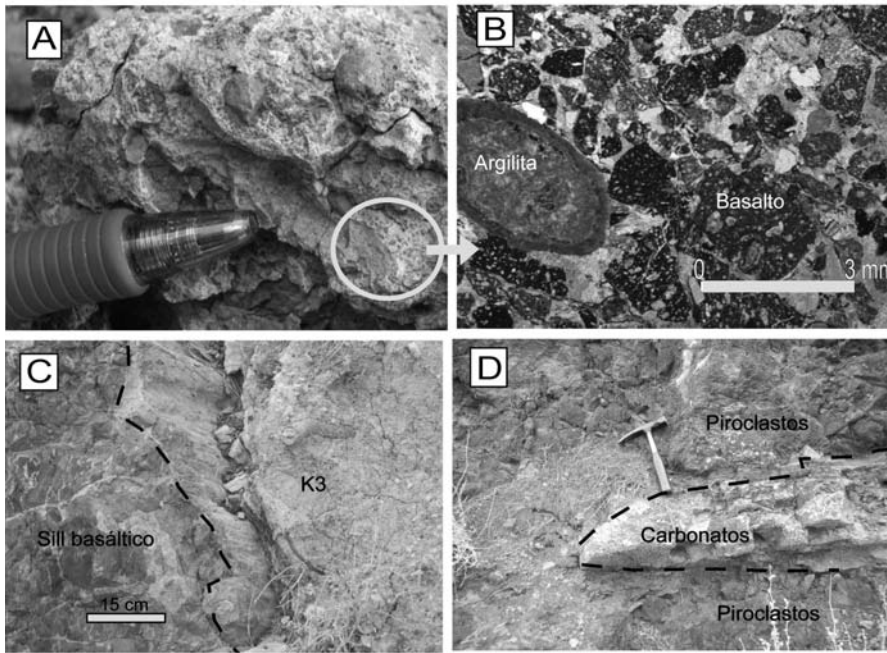


Fig. 3.-Criterios estratigráficos de edad para cada una de las etapas: A y B: Micro-conglomerado basáltico a techo de la unidad hidromagmática basal, El Pesol; C: Estructuras fluidales entre los sills y el K3, El Fangar; D: Sedimentos interestratificados entre las unidades piroclásticas de Rasquera.

Fig. 3: Age criterion defined at the present work for each magmatic stage: A and B) Basaltic micro-conglomerates on top of the 1st stage; C: Magmatic flow wrinkles along the basaltic contact between sills and K3; D) Pyroclastic deposits inter-stratified within K2 carbonates and argillites, corresponding to the 2nd stage.

tos (Figs. 3A y B), bien representados en los afloramientos de El Pesol (Fig. 1) y coincidentes con los atribuidos por Robles (1974) a facies someras de llanura mareal, evaporíticas y arenosas de canales fluviales. Estos microconglomerados tienen un grado de clasificación bajo a medio (*sorting* = 0,7-2, Folk, 1968) y están formados por clastos redondeados (*roundness* = 0,61±0,15) heterométricos (250 - 500 μm). Su composición es: 45% de clastos basálticos altamente vesiculares, 22% de clastos sedimentarios y un 33% de matriz calcárea. Estas características texturales y composicionales permiten considerarlos como depósitos piroclásticos retrabajados ("tuffaceous micro-conglomerates", Le Maitre, 2002), generados por la erosión y removilización sedimentaria de las tobas volcánicas infrayacentes en áreas emergidas.

La segunda unidad, bien representada en el sector oriental (Rasquera-Cardó), consta de un conjunto de sills doleríticos de composición basáltica (10-12 m de potencia) con frecuente disyunción bolar, atravesados por filones hidrotermales. Comprenden desde el techo del K1 hasta el K3, siempre por debajo de la Fm. Dolomías de Imón.

Las estructuras fluidales y *pillow-breccias* (Fig. 3C) son frecuentes y atestiguan un enfriamiento rápido e interacción con materiales de facies Keuper todavía inconsolidados (Lago *et al.*, 2000). En estos sills es muy frecuente la presencia de xenolitos mantélicos (olivino + clinopiroxeno + ortopiroxeno ± espinela), formando nódulos con 1,5 cm de diámetro medio y forma redondeada. En el afloramiento de la Sierra de los Corrales (Fig. 1), coincidiendo con las posiciones estratigráficas más bajas (a techo de M3), se ha encontrado una mayor proporción modal de xenolitos cuyo diámetro alcanza hasta 5 cm.

Los depósitos piroclásticos de aspecto escoriáceo y fuerte coloración rojiza, asociados a los sills (a los que suelen limitar superiormente), emplazados entre el K2 y el K3, presentan frecuente granoselección decreciente a techo, y aparecen interestratificados con niveles sedimentarios carbonáticos de espesor centimétrico (Fig. 3D).

**Petrología y geoquímica**

La composición mineral de los basaltos correspondientes a sills de la segunda uni-

dad así como la de los xenolitos mantélicos que incluyen ha sido estudiada mediante microsonda electrónica (Centro Nacional de Microscopía Electrónica, UCM).

Los basaltos presentan la asociación mineral: olivino (Fo<sub>79-65</sub>), clinopiroxeno titanado (Fs<sub>3-15</sub>, En<sub>52-35</sub>, Wo<sub>50-42</sub>), plagioclasa (An<sub>80-50</sub>), Ti-magnetita y apatito accesorio (Fig. 4B). Los xenolitos estudiados son Iherzolitas y websteritas con proporciones variables de olivino (Fo<sub>92-81</sub>), ortopiroxeno (Fs<sub>8-9</sub>, En<sub>90-86</sub>, Wo<sub>6-1</sub>), clinopiroxeno (Fs<sub>4-8</sub>, En<sub>58-48</sub>, Wo<sub>47-35</sub>) y espinela (Fig. 4).

**Discusión y conclusiones: edad, área fuente y etapas del magmatismo**

Los datos de campo confirman la edad Triásico Superior del magmatismo al S de la Cordillera Costero Catalana así como su co-

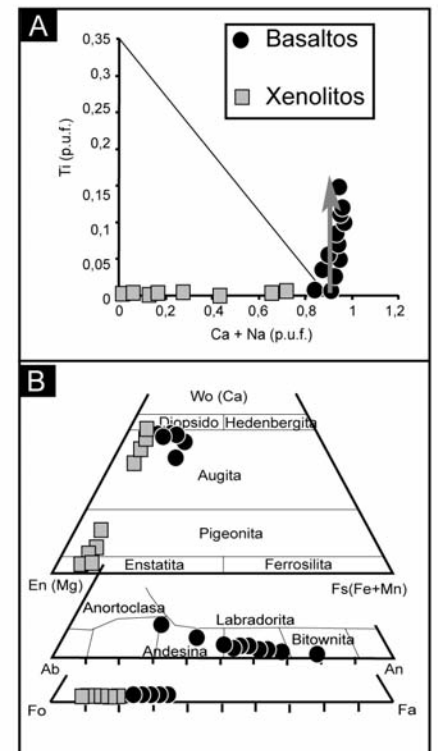


Fig. 4. A: Pauta de afinidad alcalina para las rocas estudiadas (Leterrier *et al.*, 1982). B: Clasificación de las fases minerales estudiadas: Cpx, Pl y Ol (Morimoto *et al.*, 1988; Deer *et al.*, 2001). En ambos casos se observan valores "anómalos" que corresponden a los xenolitos (cuadrados).

Fig. 4. A: Studied rocks showing alkaline affinity patterns (Leterrier *et al.*, 1982). B: Classification diagrams for the studied mineral phases: Cpx, Pl and Ol (Morimoto *et al.*, 1988; Deer *et al.*, 2001). The anomalous data corresponds to Xenoliths (squares).

etaneidad con el resto de afloramientos del NE de la Península Ibérica, asociados a la misma provincia magmática (Lago *et al.*, 1996). La serie estratigráfica sugiere la existencia de un vulcanismo pluriépisódico en el que pueden diferenciarse estratigráficamente dos grandes etapas en función del estilo eruptivo predominante (Fig. 2): una inicial, hidromagmática, con una edad probable equivalente a la base de la unidad K1 (Carniense), que supone la existencia de un sistema de *maares*, anillos y conos de tobos con un carácter fuertemente explosivo, capaz de arrastrar materiales de niveles inferiores (incluso del zócalo paleozoico); y una segunda etapa magmática de larga duración, predominantemente estromboliana, emplazada desde el techo del K1, y siempre por debajo de la Fm Imón. En esta segunda etapa, el ascenso de magma provocaría el emplazamiento inicial de sills de potencia reducida (10-20 m), que tras alcanzar la superficie topográfica generarían eventos explosivos representados por depósitos de *cinder* y *base surges*. Estas erupciones se verían interrumpidas por ciclos sedimentarios cortos en ambiente lagunar, que nuevamente experimentarían fracturación y nuevo ascenso de materiales ígneos. La presencia de múltiples evidencias de interacción de estos materiales con sedimentos inconsolidados y embebidos en agua de K1, K2 y K3, así como la presencia de depósitos de caída en estos niveles, permite establecer una edad post-K1 a pre-Retiense, para esta segunda etapa.

La localización geográfica de los depósitos de caída ricos en bombas de máximo diámetro (superior a 1 m), ha permitido definir la ubicación probable de un total de 4 centros emisivos (anillos o conos tobáceos) dentro de la primera etapa: Alfara, Mas de

les Eres, oeste de Rasquera y Valle del Cosp, y otros dos (conos de escorias) en la segunda: El Fangar y Valle del Cosp (Fig. 1). En el caso de este último afloramiento el centro emisor mantendría su localización en ambas etapas.

El estudio petrológico y de geoquímica mineral confirma la existencia de basaltos olivínicos de afinidad alcalina (Fig. 4A) y escasa diferenciación, portadores de xenolitos arrastrados desde el manto litosférico. Las muestras con mayor proporción modal y con mayor diámetro medio de los xenolitos (hasta 5 cm), se localizan en torno a la localidad de Prat de Compte. Esta observación sugiere la presencia de un área, en torno al sector occidental, con un posible ascenso magmático más directo respecto al resto de afloramientos estudiados.

### Agradecimientos

Los autores agradecen la revisión del manuscrito al Dr. Domingo Gimeno y al Dr. Carlos Villaseca.

### Referencias

- Anadón, P., Colombo, F., Esteban, M., Marzo, M., Robles, S., Santanach, P. y Solé Sugañés, L. (1979). *Acta Geol. Hisp. Homenaje a LLuis Solé y Sabarís*, 14, 242-270.
- Calvet, F. y Ramón, X. (1987). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 11, 141-169.
- Deer, W. A., Howie, R. A. y Zussman J. (2001). *Rock-forming minerals*. Geological Society of London. 972 p.
- Dewey, J.F., Pitman, W.C. III, Ryan, W.B.F., y Bonnin, H. (1973). *Geological Society of America Bulletin*, 84, 3137-3180.
- Esteban Cerdá, M. (1973). *Petrología de las calizas cretácicas del sector central de los Catalánides (prov. De Tarragona y Barcelona)*. Tesis doctoral, Univ. Barcelona, 425 p.
- Guigon, I. (1973). *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja nº 473 (Tarragona)*. I.G.M.E.
- Folk, R.L. (1968). *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill Publishing, 82 p.
- Lago, M., Pocovi, A., Bastida, J., Arranz, E., Vaquer, R., Dumitrescu, R., Gil-Imaz, A. y Lapuente, M.P. (1996). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 20, 109-138.
- Lago, M., Galé, C., Arranz, E., Gil Imaz, A., Pocovi, A. y Vaquer, R. (2000). *Estudios Geológicos*, 56, 211-228.
- Le Maitre, R.W. (Ed.) (2002). *Igneous rocks: a classification and glossary of terms*. Cambridge University Press, 236 p.
- Leterrier, J., Maury, R. C., Thonon, P., Girard, D. y Marchal, M. (1982). *Earth and Planetary Science Letters*, 59, 139-154.
- Marzo, M. (1980). *El Buntsandstein de los Catalánides. Estratigrafía y procesos de sedimentación*. Tesis Doctoral, Univ. Autónoma de Barcelona, 317 p.
- Mitjavila, J. y Martí, J. (1986). *Revista d'Investigacions Geològiques*, 42/43, 89-130.
- Morimoto, N., Fabries, J., Ferguson, A. K., Ginzburg, I. V., Ross, M., Seifert, F. A., Zussman, J., Aoki, K. y Gottardi, G. (1988). *Bulletin of Mineralogy*, 111, 535-550.
- Ortí, F. y Bayo, A. (1977). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 4, 223-238.
- Robles Orozco, S. (1974). *Estudio geológico del Mesozoico del Bloque del Cardó y sectores adyacentes*. Tesis Doctoral, Univ. Autónoma de Barcelona, 436 p.
- Salvany, J.M. y Ortí, F. (1985) *II Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Pérmico y Triásico de España*. La Seu d'Urgell, 68-79.
- Salvany, J.M. y Ortí, F. (1987). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 11, 215-236.
- Virgili, C. (1958). *El Triásico de los Catalánides*. Boletín del Instituto Geológico y Minero, 69, Madrid 856p.
- Ziegler, P.A. (1982). *Geologische Rundschau*, 71, 747-772.
- Ziegler, P.A. y Dèzes, P. (2006). *Geological Society of London, Memoirs*, 32, 43-56.