

# Sedimentación litoral en el límite Devónico/Carbonífero del Suroeste Portugués (Zona Surportuguesa)

*Coastal sedimentation at Devonian/Carboniferous boundary in the Southwest Portuguese Domain (South Portuguese Zone)*

C. Moreno (\*), Z. Pereira (\*\*), J.T. Oliveira (\*\*\*) y S. Sierra (\*)

(\*) Depto de Geología, Univ. de Huelva, 21819-La Rábida, Huelva, España.

(\*\*) Mineralogía e Geología, Univ. do Porto, Praça de Gomes Teixeira, 4050-Porto, Portugal.

(\*\*\*) Instituto Geológico e Mineiro, Estrada da Portela-Zambujal, Ap. 7586, Alfragide, Portugal.

## ABSTRACT

*Devonian-Carboniferous boundary at the Southwestern Portuguese Domain (South Portuguese Zone) is characterized by a shallowing detrital sequence which caps the Tercenas Formation. Sedimentation occurred in a littoral setting with, at least, two different depositional environments: a wave dominated nearshore, lineal in morphology, and a wave/tidal dominated coast with a more complex morphology (i. e. a bay or a estuary).*

**Key words:** *Devonian-Carboniferous, littoral deposition, Portugal, South Portuguese Zone.*

Geogaceta, 20 (1) (1996), 23-26

ISSN: 0213683X

## Introducción y marco geológico

La Zona Sur-Portuguesa (ZSP) es la más meridional de las que constituyen el Macizo Hercínico Ibérico (Fig. 1). Está formada por diferentes dominios geológicos que definen bandas de dirección ENE-WSW, paralelas a las directrices hercínicas, y que de norte a sur son: dominio de Pulo do Lobo, dominio de la Faja Pirítica (incluyendo al Grupo Flysch del Baixo Alentejo de los autores portugueses) y dominio del Suroeste Portugués (Fig. 1).

El contacto entre Pulo do Lobo y Faja Pirítica es tectónico y las características tectono/estructurales, litológicas y ambientales de sus rocas son diferentes. Una correlación certera entre ambos dominios está todavía lejana en el conocimiento. Sin embargo, el contacto entre Faja Pirítica y Suroeste Portugués parece ser de naturaleza sedimentaria (Oliveira, 1983) y su evolución en el tiempo fue interdependiente. La correlación entre ambos dominios ya se vislumbra.

De las piezas que integran el «puzzle» que es la ZSP, probablemente sea la Faja Pirítica la más conocida al incluir yacimientos tan famosos como Neves-Corvo, Aljustrel, Tharsis y Riotinto, entre otros muchos. Dado que el control paleogeográfico en la localización de los yacimien-

tos de la Faja Pirítica fue un factor de primer orden (Sáez y Ruiz de Almodóvar, 1993), el conocimiento del Suroeste Portugués es de vital importancia para el establecimiento de la paleogeografía de la cuenca que originó las mayores acumulaciones de sulfuros masivos hasta hoy conocidas.

El dominio del Suroeste Portugués está formado por rocas de edad devónica y carbonífera de naturaleza sedimentaria que, de muro a techo, se agrupan en las siguientes unidades estratigráficas: Formación Tercenas, Formación Bordaleta, Formación Murração y Formación Quebradas (Fig. 1). Las características litológicas y ambientales de las tres últimas son particulares del Suroeste Portugués; su edad es carbonífera y representan una sedimentación mixta detrítico-carbonatada en plataformas restringidas y medios mareales (Oliveira, 1990). Constituyen secuencias condensadas en el sentido de Gómez y Fernández-López (1994). La correlación de las Formaciones Bordaleta, Murração y Quebradas con las formaciones sincrónicas de la vecina Faja Pirítica son por el momento poco claras. Por el contrario, los rasgos generales de la Formación Tercenas permiten establecer una cierta similitud con el muro de la Faja Pirítica (Grupo PQ) y suponer, sin gran riesgo de error, que ambas unidades

constituyeron una cubierta continua de rocas detríticas depositadas en medios marinos someros (Moreno y Sáez, 1990; Oliveira, 1990). Representan los sedimentos de la cuenca devónica de todo el suroeste Ibérico antes de su compartimentación y diversificación durante el tránsito Devónico-Carbonífero (Moreno *et al.*, 1996), o incluso durante el Fameniense como había sido sugerido por Oliveira *et al.* (1986).

## La Formación Tercenas

La Formación Tercenas representa la unidad estratigráfica más antigua que aflora en el Suroeste Portugués (Fig. 1). Son rocas detríticas de litología pizarrosa y areniscosa, cuya relación arena/lútila permite diferenciar dos tramos que se suceden en la vertical. El tramo inferior, con una potencia mínima de 250 metros, es predominantemente lutítico. Está constituido por pizarras negras, ricas en materia orgánica, con intercalaciones de niveles centimétricos de cuarcitas. Estos niveles a veces se agrupan y constituyen secuencias lutítico-areniscosas (a/l=1) de escala métrica, englobadas en la secuencia pizarrosa general. Hasta la fecha nunca han sido el objetivo directo de ningún estudio y, por lo tanto, el análisis detallado de sus características está todavía por hacer. En

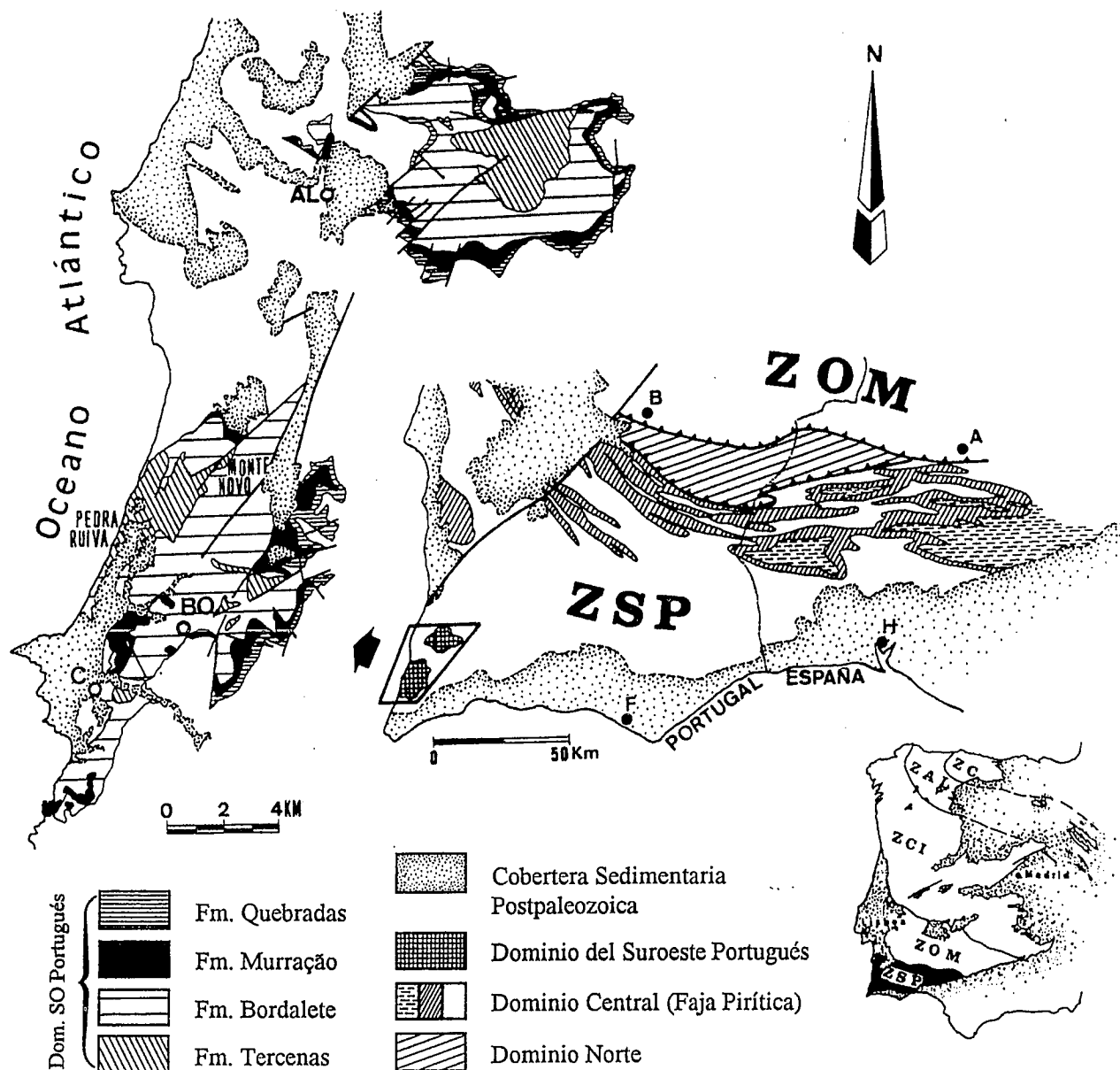


Fig. 1.- Mapa geológico. LEYENDA: ZSP: Zona Surportuguesa, ZOM: Zona de Ossa-Morena. POBLACIONES: A: Aracena, B: Beja, F: Faro, AL: Aljezur, BO: Bordeira, C: Carrapateira.

Fig. 1.- Geological map. LEGEND: ZSP: South Portuguese Zone, ZOM: Ossa-Morena Zone. GEOGRAPHICAL ABBREVIATIONS: A: Aracena, B: Beja, F: Faro, AL: Aljezur, BO: Bordeira, C: Carrapateira.

el contexto general de la ZSP han sido interpretadas como facies de baja energía alejadas de aguas someras (Oliveira *et al.*, 1983). Por el momento tampoco representan el objeto inmediato de nuestro trabajo.

El tramo superior es areniscoso. El contraste litológico con el tramo inferior le hace resaltar en el paisaje, dando lugar a escarpes de potencia decamétrica. El análisis de estas rocas es el objetivo de este trabajo y nos ha permitido concretar las características del depósito, los medios y submedios de sedimentación y, en definitiva, acercarnos un poco más al co-

nocimiento de la paleogeografía de la ZSP.

El contacto entre ambos tramos es gradual y rápido en el tiempo. Está representado por una secuencia negativa estrato y grano creciente de escasa potencia, caracterizada también por un aumento en la relación arena/lutita.

*El tramo areniscoso: tránsito Devónico-Carbonífero*

Este tramo, que representa los últimos metros de la Formación Tercenas, incluye el límite Devónico-Carbonífero (Pereira *et al.*, 1995). Su potencia oscila entre 25-

30 metros y está constituido por areniscas, con pizarras como litología subordinada. Estas rocas han sido asignadas, de manera general, a medios marinos someros; recientemente, Oliveira (1990) las asocia a ambientes mareales.

Las areniscas son de composición predominantemente silíceas (cuarcitas) y contienen abundantes estructuras sedimentarias que evidencian un depósito en medios marinos altamente energéticos y de escasa profundidad. Su organización vertical indica un aumento progresivo de la energía del medio que se manifiesta por el tipo y escala de las estructuras sedimenta-

rias, el tamaño de grano de las areniscas, la potencia de los niveles, la relación arena/lutita y, en definitiva, por la evolución del tipo de facies.

Los rasgos descritos caracterizan de manera general el tramo superior de la Formación Tercenas; no obstante el análisis de sus facies pone de manifiesto la existencia de diferencias significativas de unos lugares a otros, y permite definir dos columnas-tipo que hemos denominado Monte Novo y Pedra Ruiva (localidades donde se encuentran los afloramientos más representativos).

**Columna-tipo Monte Novo.**- La columna-tipo Monte Novo es una secuencia de 30 metros de potencia, constituida por una alternancia de paquetes de areniscas y pizarras con contactos planos y nítidos. La potencia de los paquetes areniscosos aumenta hacia el techo, de tal manera que el conjunto representa una secuencia genérica «paquete» creciente (Fig. 2).

Las areniscas son de tamaño de grano medio, y muestran una ligera tendencia grano-creciente, aunque nunca llegan a alcanzar dimensiones de grava. Según la clasificación de Pettijohn, Potter y Siever (1972) son cuarzoarenitas y sublitarenitas, su composición media es  $Q_{88}F_0R_{12}$ . Los granos que constituyen la trama son (por orden de abundancia): cuarzo monocristalino, pizarra, opacos, cuarzo policristalino-cuarcita y pesados. Como algunos de los fragmentos de roca son cuarzitas, al aplicarles un contaje tipo Gazzi/Dickinson se obtienen valores medios de  $Q_{91}F_0L_9$ . La similitud de los valores obtenidos con ambos tipos de contaje indica la gran madurez composicional de las rocas y el alto valor energético del medio sedimentario.

Las estructuras sedimentarias características de la columna-tipo Monte Novo son laminación paralela, laminación cruzada tabular de pequeña escala, abanicos de láminas, ripples asimétricos y simétricos (ambos con crestas rectas), laminación ondulada, laminación cruzada recta de bajo ángulo y gran escala, y estratificación de tipo hummocky. Superficies de reactivación y erosivas también son frecuentes. La bioturbación esta casi omnipresente, tanto en superficies de estratificación, como en el interior de los estratos. Estructuras de escape de fluidos del tipo laminación convoluta y *dish* también son frecuentes.

En función de la litología, y de la escala y ordenamiento interno de los paquetes areniscosos se establecen cuatro facies que de muro a techo son (Fig. 2): facies mixtas de areniscas y pizarras con estruc-

turas de pequeña escala, facies de laminaciones horizontales, facies de laminaciones onduladas y facies de hummocky de gran escala; todas ellas debidas a la acción del oleaje y/o tormentas sobre el fondo arenoso. El oleaje de buen tiempo, o bien el oleaje debilitado del final de cada episodio violento retocó el techo de los sedimentos arenosos previamente depositados con ripples de pequeña escala. El medio era, por tanto, muy somero y la sedimentación tuvo lugar por encima del nivel de base del oleaje de buen tiempo, incluso para el caso de las facies mixtas. Se trata de acumulaciones (¿barras?) de arena debidas a la acción de las tormentas con facies semejantes a las descritas por Johnson (1980), y depositadas en el nearshore (Elliot, 1980); la disminución progresiva de la profundidad y el consiguiente aumento de la intensidad de la corriente y de una mayor disponibilidad de sedimento fueron probablemente los causantes de las distintas litofacies, y de su disposición secuencial negativa (Fig. 2). Depósitos semejantes son frecuentes en el registro geológico (ver Swiff *et al.*, 1991).

**Columna-tipo Pedra Ruiva.**- La columna-tipo Pedra Ruiva es una secuencia de 25 metros de potencia estrato y grano creciente hacia el techo. También la escala de la estructuras sedimentarias aumenta hacia el techo, al igual que la relación arena/lutita.

El tamaño de grano de las areniscas evoluciona desde medio-fino hasta grava. Según la clasificación de Pettijohn *et al.* (1972) son arenitas líticas; su composición media es  $Q_{40}F_0R_{60}$ . Los granos que constituyen la trama son (por orden de abundancia): cuarzo policristalino-cuarcita, cuarzo monocristalino, pizarra, fragmentos oxidados de naturaleza irreconocible, agregados de micas, y pesados. Con esta composición mineralógica los valores obtenidos con un contaje Gazzi-Dickinson varían considerablemente:  $Q_{87}F_0L_{13}$ . Las condiciones energéticas del medio no fueron suficientes para disgregar los fragmentos de cuarzo policristalino/cuarcita.

Las estructuras sedimentarias de las areniscas de la columna-tipo Pedra Ruiva son laminación paralela, laminación ondulada de pequeña escala, ripples simétricos y asimétricos, estratificación flaser, laminación cruzada recta de bajo ángulo y gran escala (a veces bimodal), abanicos de láminas, laminación cruzada en surco de gran escala, laminación sigmoidal, laminación ondulada de gran escala, y megaripples

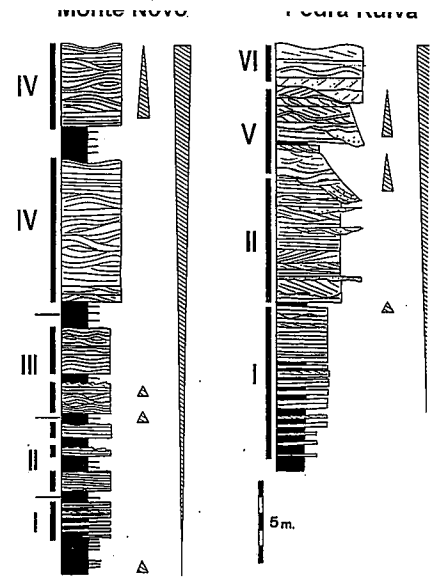


Fig. 2.- Esquema de las secuencias sedimentarias características del techo de la Formación Tercenas. FACIES: I, facies mixtas de areniscas y pizarras con estructuras sedimentarias de pequeña escala; II, facies de areniscas con laminaciones horizontales; III, facies de areniscas con laminaciones onduladas; IV, facies de areniscas con hummocky de gran escala; V, facies de areniscas con organización compleja en barras y canales; VI, facies de gravas en canales mayores.

Fig. 2.- Schematic logs of upperpart of Tercenas Formation. FACIES: I, sandstone-shale mixed with small scale sedimentary structure facies; II, horizontal-laminated sandstone facies; III, waved-laminated sandstone facies; IV, large scale hummocky-laminated sandstone facies; V, channelized and bar-organized sandstone facies; VI, larger channelized conglomerate facies.

simétricos y asimétricos. La bioturbación es abundante en la mitad inferior de la columna, especialmente bioturbación superficial; sin embargo está prácticamente ausente en la mitad superior. Estructuras de escape de fluidos también están presentes. Pero sin lugar a dudas los rasgos más característicos son las superficies de reactivación, en ocasiones con parejas de láminas de pizarras de decantación asociadas semejantes a las descritas por Visser (1980) y Terwindt (1981), las superficies erosivas acompañadas de láminas de gravas residuales de origen trectivo tipo «lag» y las geometrías de barras y canales.

En función de la litología, de la escala y tipo de ordenamiento interno, y de la

geometría de los cuerpos sedimentarios se establecen cuatro facies, que de muro a techo son (Fig. 2): facies mixtas de areniscas y pizarras con estructuras de pequeña escala, facies de areniscas tabulares con laminaciones horizontales y cruzadas de bajo ángulo, facies de areniscas de organización compleja en barras y canales, y facies de gravas en canales mayores. Estas facies muestran la evolución desde un medio sedimentario dominado por el oleaje, a un medio de influencia mixta mareas/oleaje dominado por flujos mixtos como los descritos por Arnott y Southard (1990), que terminó siendo predominantemente mareal (canales de marea).

### Implicaciones paleogeográficas

De los datos expuestos se deduce que durante el Devónico terminal y tránsito Devónico-Carbonífero el dominio del Suroeste Portugués estuvo ocupado por una cuenca marina, cuyo límite con tierra firme se localizaba en la región Pedra Ruiiva/Monte Novo. Esta zona constituía un litoral poco escarpado, capaz de acumular grandes volúmenes de arena. En este medio se produjeron variaciones significativas a distancias muy cortas. Así, en las zonas donde la acción del oleaje dominaba sobre la marea y la costa era probablemente una playa lineal y abierta al mar se produjeron depósitos tipo Mon-

te Novo. Sin embargo, donde las corrientes mareales dominaban sobre el oleaje se produjeron los depósitos tipo Pedra Ruiiva. Se trataba de zonas más complejas donde las olas llegaban amortiguadas y tan solo podían retocar el techo de las arenas previamente acumuladas por las mareas. Se producían entonces flujos mixtos comunes en submedios sedimentarios litorales tipo bahía/estuario.

### Agradecimientos

Expresamos nuestra gratitud a la Sra. Dña. Celeste Candeias y al Sr. D. José Romao por habernos hecho tan agradables los días de campo. Este trabajo ha sido subvencionado por la Junta de Andalucía (PAI, grupo: 4112) y por la Universidad de Huelva (PPI).

### Referencias

- Arnott, W. & Southard, B. (1990), *Jour. Sed. Petrol.*, 60:211-219.
- Elliot, T. (1980), En: *Sedimentary Environments and Facies*, Blackwell Sci. Publ., 143-177.
- Johnson, H.D. (1980), En: *Sedimentary Environments and Facies*, Blackwell Sci. Publ., 207-258.
- Gómez, J.J. & Fernández-López, S. (1994), *Sedim. Geol.*, 92: 147-159.
- Moreno, C. y Sáez, R. (1990), *Geogaceta*, 8: 62-64.
- Moreno, C., Sierra, S. and Sáez, R. (1996), En: *Recent Advances in Carboniferous Geology*, Geol. Soc. Spec. Publ., 107: 153-162.
- Oliveira, J.T. (1983), En: *The Carboniferous of Portugal*, Serv. Geol. Portugal., Mem. 29: 3-37.
- Oliveira, J.T. (1990), En: *Pre-Mesozoic Geology Of Iberia*, Springer-Verlag, 334-347.
- Oliveira, J.T., Horn, M., Kullmann, J. and Paproth, E. (1983), En: *X International Carboniferous Congress*, 107-120.
- Oliveira, J.T., Garcia Alcalde, J., Liñan, E. and Truyols, J. (1986), *Ann. Soc. Geol. Belgique*, 101, 1.
- Pereira, Z., Clayton, G. and Oliveira, J.T. (1995), *Ann. Soc. Geol. Belgique*, in press.
- Pettijohn, F.J., Potter, P.E. and Siever, R. (1972), *Sand and sandstones*, Springer-Verlag, 218 pp.
- Sáez, R. & Ruiz de Almodóvar, G. (1993), En: *Second Biennial SGA Meeting, Field Trip Guide*, Univ. Granada, 1-17.
- Swift, D.J.P., Oertel, G.F., Tillman, R.W. and Thorne, J. A., Eds., (1991), En: *IAS, Spec. Publ., 14, Blackwell Sci. Publ.*, 532 pp.
- Terwindt, J.H.J. (1981), En: *IAS, Spec. Publ.*, 5, 4-26.
- Visser, M.J. (1980), *Geology*, 8, 543-546.