

# Zonación tectónica, primer estadio de la zonación sismotectónica del NE de la península Ibérica (Cataluña)

*Tectonic zoning, first stage of seismotectonic zoning of NE Iberian peninsula (Cataluña)*

J. Fléta (\*), J. Escuer (\*), X. Goula (\*), C. Olivera (\*), Ph. Combes (\*\*), B. Grellet (\*\*) y Th. Granier (\*\*\*)

(\*) Institut Cartogràfic de Catalunya. Parc de Montjuïc. E-08038 Barcelona. e-mail: jfléta@icc.es.

(\*\*) GEO-TER. 3 rue Jean Monnet, F-34830 Clapiers.

(\*\*\*) IPSN, B.P. 6, F-92265 Fontenay-aux-Roses.

## ABSTRACT

*In areas characterized by a moderate seismicity, it is necessary to regionalize the seismic hazard, introducing concepts such as seismotectonic domains more than active faults. A first step of seismotectonic zonation is tectonic zonation. Various themes have been chosen for their ability to describe the present state and the different tectonic stages of structuration of the crust. The consideration of homogeneous zones with similar characteristics allows us to propose a tectonic zonation of the NE of Iberian Peninsula.*

**Key words:** tectonics, seismotectonics, tectonic zoning, Cataluña.

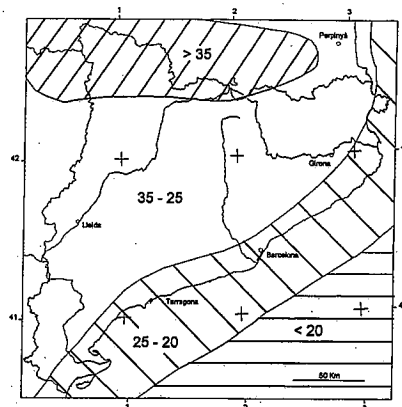
*Geogaceta*, 20 (4) (1996), 853-856

ISSN: 0213683X

## Introducción

En Cataluña (NE de la península Ibérica) la sismicidad es moderada y las deformaciones tectónicas recientes son débiles en relación a otros países del Mediterráneo (Italia, Grecia, Argelia). Sólo algunos terremotos importantes se han estudiado y la relación entre los terremotos y las fallas no está bien establecida todavía. En tal caso es necesario regionalizar el riesgo sísmico e introducir los conceptos de dominios sismotectónicos mejor que el de fallas activas. La hipótesis básica es que la heterogeneidad de la corteza continental a escala del NE de la Península Ibérica podría explicar la repartición y las diferentes características de la sismicidad.

La definición de una zonación tectónica es el primer paso de la metodología de la zonación sismotectónica. Esta zonación tiene en cuenta los parámetros más representativos de la estructuración de la corteza (estructuras heredadas) pero no el análisis de la tectónica reciente y actual (sin y post-Mioceno). En la práctica, la definición de dominios tectónicos está condicionada por los juicios de especialistas. Para minimizar la subjetividad de estos juicios es necesario establecer un modelo coherente y homogéneo, a través de una metodología científica rigurosa. El procedimiento general presentado para la zonación tectónica de Cataluña sigue el modelo propuesto de zonación sismotectónica de Francia (Grellet *et al.*, 1993) con algunas modificaciones debido a



**Fig. 1 :** Mapa de las isobatas de la discontinuidad de Mohorovicic en kilómetros (a partir de Banda, 1986).

*Fig. 1 : Mohorovicic discontinuity isobaths map in kilometers (from Banda, 1986).*

la diferente escala de trabajo y de los diferentes condicionantes geológicos.

## Aproximación tectónica

Varios temas se han escogido por su capacidad de describir el estado tectónico actual que permiten comprender las diferentes fases tectónicas sucesivas de la estructuración de la corteza (Escuer *et al.*, 1995). El análisis de las variaciones específicas de los parámetros (espesor y repartición de diferentes capas, gradiente de deformación, etc.) para cada tema escogido permite individualizar zonas homogéneas. Estos temas

son los siguientes:

- 1- Isobatas de la discontinuidad de Mohorovicic, como indicador de la variación del espesor crustal.
- 2- Isobatas del zócalo, reflejo de la situación actual de la topografía post-hercínica.
- 3- Estado de la deformación de la cobertura sedimentaria meso-cenozoica, como indicador de la intensidad de la deformación «alpina».
- 4- Tectónica neógena como indicador de los principales procesos cenozoicos extensionales.

5- Distribución de las evaporitas triásicas y capas terciarias que corresponden a niveles preferenciales de despegue.

Estos temas describen la estructuración actual de la corteza continental y los eventos tectónicos mayores que configuraron su estructuración post-hercínica. Un análisis crítico de estos datos ha permitido una definición más precisa de la cinemática de las principales estructuras tectónicas individualizando dominios homogéneos con las mismas características y sus límites.

## Contexto geológico y estructural del NE de la Península Ibérica

La estructura actual de la litosfera en ésta área refleja la evolución tectónica del área de los últimos 300 MA. Las fases tectónicas principales registradas son: orogénesis hercínica, distensión mesozoica, orogénesis alpina s.l. (pirenaica) y procesos exten-

DOMINIO DEFORMADO <b>A</b>	PIRINEOS  <b>A1</b>	ZONA AXIAL CENTRAL <b>A1a</b>	Corteza engrosada (>35 Km) Zócalo deformado	
		ZONA AXIAL EXTERNA <b>A1b</b>	Zócalo profundo (>3 Km) Cobertera deformada y despegada	
		ZONA AXIAL ORIENTAL <b>A1c</b>	Zócalo aflorante Tectónica neógena distensiva	
		CUENCAS ORIENTALES <b>A1d</b>	Cuencas neógenas Techo del zócalo superficial	
	CORDILLERAS  COSTERAS  <b>A2</b>	CORDILLERA IBERICA SEPTENTRIONAL <b>A2a</b>	Zócalo hercínico deformado Estructuración neógena distensiva	
		CORDILLERA IBERICA MERIDIONAL  <b>A2b</b>	OCCIDENTAL <b>A2b1</b>	Cobertera sedimentaria deformada y despegada
	OCCIDENTAL <b>A2b2</b>		Cobertera sedimentaria deformada y despegada Tectónica neógena distensiva	
	CUENCA CATALANO BALEAR <b>A3</b>	Corteza adelgazada (<20 Km)		
	CUENCA DEL EBRO <b>A4</b>	DEFORMADA	Cobertera sedimentaria deformada y despegada Espesor normal de la corteza	
	DOMINIO NO DEFORMADO <b>B</b>	CUENCA DEL EBRO	CUENCA DE ANTEPAÍS NO DEFORMADA	Espesor de la corteza normal Cobertera sedimentaria no deformada

Tabla I : Definición de las zonas tectónicas.

Table I : Tectonic zonation definition.

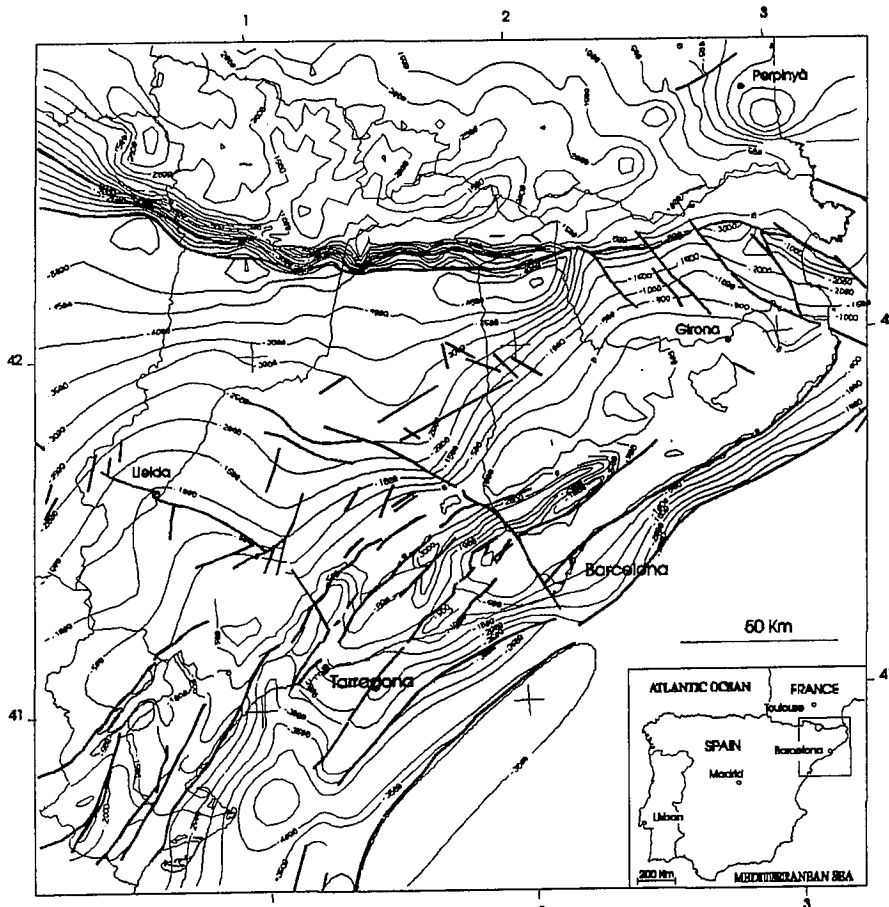


Fig. 2: Mapa del techo del zócalo (Escuer,1994).

Fig. 2: Map of the top basement (Escuer,1994).

sivos neógenos. Se analizan estos episodios tectónicos y sus efectos a partir de una metodología que integra los temas geológicos y tectónicos antes mencionados. Se ha realizado un mapa sintético resultado de la recopilación de datos fiables objetivos propuestos por cada tema, que posteriormente serán utilizados para la zonación tectónica.

Los datos relacionados a los temas escogidos proceden de diferentes fuentes:

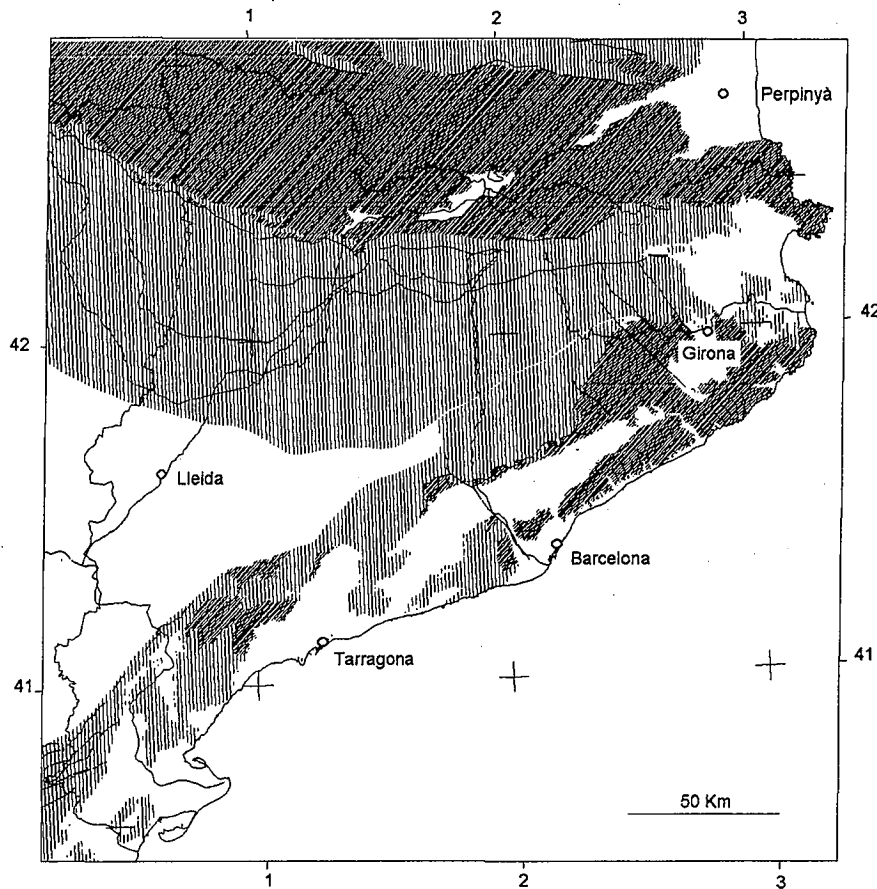
- El mapa de las isobatas de la discontinuidad de Mohorovicic (Fig. 1) presenta tres zonas diferentes teniendo en cuenta la profundidad. Esta información procede de datos digitales de la región pirenaica (Grellet *et al.*, 1993) y de los resultados obtenidos por las investigaciones de sismica de reflexión (Banda, 1986; Collier *et al.*, 1994; Gallart *et al.*, 1994).

- La topografía actual del techo del zócalo se obtiene a través de la repartición de las isobatas y da una indicación del espesor de la cobertera sedimentaria (Fig. 2). Se asume que la interfase zócalo/cobertera corresponde a la topografía actual de la superficie de erosión post-hercínica. Su estado de deformación actual es el resultado de los episodios tectónicos post-hercínicos, de la orogenia alpina s.l y de la extensión neógena. Los datos usados para elaborar este mapa proceden mayoritariamente de los pozos petrolíferos, investigaciones geofísicas y de los cortes geológicos disponibles (Escuer, 1994).

- Los otros tres temas (deformación alpina, tectónica neógena y distribución de los niveles evaporíticos) son analizados a partir de los datos digitales del mapa geológico de Catalunya (SGC, 1989).

El mapa de la cobertera meso-cenozoica refleja la deformación alpina de las cordilleras pirenaica e ibérica. La cadena ibérica es una cordillera intraplaca que incluye las cordilleras costeras catalanas. Las rocas involucradas en la deformación alpina, corroboradas en superficie, incluyen un zócalo hercínico removilizado (Paleozoico), una serie mesozoica pre-orogénica, y un conjunto de sedimentos terciarios de las cuencas contemporáneas de antepaís (Fig. 3). En general, estos materiales experimentaron una relativa deformación interna y metamorfismo. En los Pirineos los estudios recientes revelan la existencia de una disposición en abanico (ECORS) formado por un sistema de cabalgamientos a escala crustal con un marcado engrosamiento de la corteza en la parte axial de la cadena (Muñoz, 1992).

Las estructuras de cabalgamientos y pliegues de las cordilleras pirenaica e ibérica son controlados estrictamente por la geometría de niveles de despegue definidos por la distribución de horizontes evaporíticos en las cuencas del antepaís. La geometría de



**Fig. 3 :** Estado de la deformación de cobertera Meso-Cenozoica. Las líneas son fallas principales (cabalgamientos), la trama oscura corresponde a los afloramientos de zócalo, la trama clara corresponde a los sedimentos plegados de la cobertera y el blanco representa la no estructuración de la cuenca del Ebro y la falta de información debida a la posterior estructuración de las cuencas neógenas.

*Fig. 3 :* State of deformation Meso-cenozoic cover. Lines are main faults (thrusts), dark shadow pattern are basement outcrops, light shadow pattern are folded cover sediments and white represent no structuration in Ebro Basin, no shallow information due later structuration neogene basins.

cabalgamientos planos y en forma de manto normalmente siguen las capas evaporíticas en zonas extensas. Las sales generalmente han sido expelidas desde las zonas metamórficas donde el zócalo cristalino reduce las tensiones dúctiles penetrativas. La compactación de las secuencias sedimentarias que incluyen niveles finos de evaporitas es común y se concentra sobre un despegue en la capa evaporítica. Los pliegues de longitud de onda grande y los cabalgamientos imbricados parecen estar localizados en las capas evaporíticas. Estos hechos quedan reflejados en el mapa de horizontes evaporíticos (Fig. 5).

A pesar de la diversidad de tendencias, estilos de deformación y edades de los dominios alpinos de los Pirineos, Cordilleras Ibérica y Costero Catalanas todas estuvieron afectadas durante el Neógeno por el mismo proceso extensivo dentro del con-

texto de "rifting" o apertura de Europa occidental. Dentro del dominio de los Catalánides (Cordilleras Costeras Catalanas) varias cubetas aparecen y forman la mayor parte de las estructuras extensivas aflorantes. El mismo estilo tectónico es presente en la cuenca catalano-balear.

### ZONACIONTECTONICA

Para realizar la zonación tectónica, y definir dominios tectónicos homogéneos, se establece una primera zonación para cada uno de los cinco temas en base a la representatividad de los criterios geológicos y estructurales elegidos por su importante relevancia en el análisis sismotectónico. Esos criterios son los siguientes:

- Tema 1: (profundidad de la discontinuidad de Mohorovicic): corteza delgada (<20 Km), corteza normal (20 a 35 Km) y corteza engrosada (>35 Km).

- T. 2: (isobatas del zócalo): zócalo superficial o profundo, tectónicamente deformado o no.

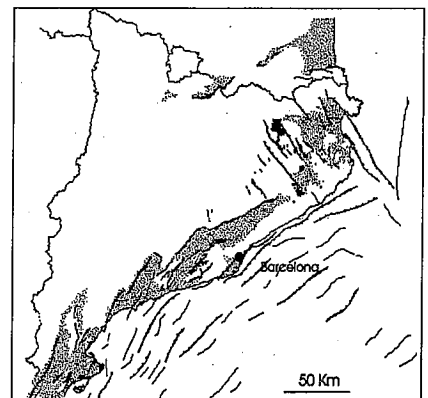
- T. 3: (estado de deformación de la cobertera sedimentaria): cobertera autóctona o alóctona y deformada.

- T. 4: (tectónica neógena): ausencia o presencia, tectónica alpina o no.

- T. 5: (distribución de capas evaporíticas): ausencia o presencia que reflejen niveles de despegue.

Un análisis comparativo de esas zonaciones temáticas y la superposición de los diferentes dominios permite la definición de zonas que pueden considerarse que presentan las mismas características tectónicas. Se propone un paso gradual entre los límites de las zonas con límites principales o secundarios, límites de transición o dominios de transición (ver tabla I).

El límite principal corresponde a la línea frontal de las cordilleras pirineica e ibérica y divide las zonas afectadas por la tectónica alpina (A) y la cuenca de antepaís no plegada (B) (Fig. 6). Dentro del dominio A, los límites secundarios separan zonas diferenciadas al menos por dos parámetros geológicos y estructurales.



**Fig. 4 :** Estructuración neógena. Este mapa representa la tectónica neógena como indicador de los principales procesos extensivos cenozoicos. Se representan las principales fallas. Las áreas sombreadas con trama corresponden a cuencas sedimentarias neógenas y con trama oscura a afloramientos volcánicos neógenos.

*Fig. 4 :* Neogene structuration. This map represents neogene tectonicsof the major cenozoic extensional processes. Main faults are represented. Pattern areas are neogene sedimentary basins and black pattern neogene volcanic outcrops.

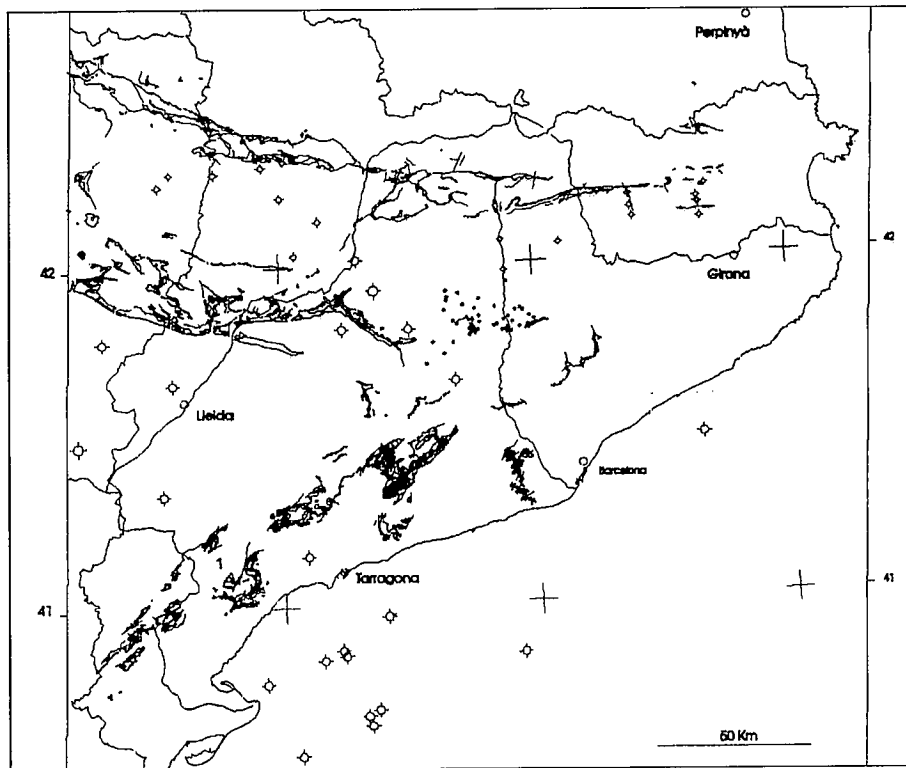
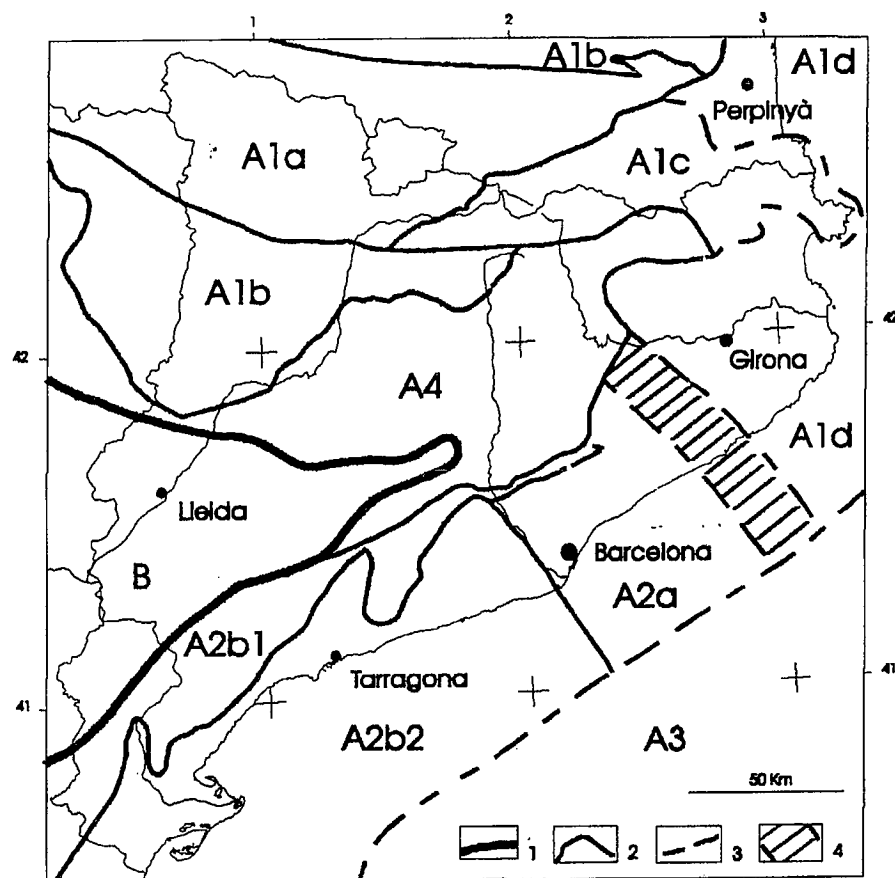


Fig. 5 : Localización de los afloramientos de formaciones evaporíticas, pozos petrolíferos y fallas relacionadas (a partir de Escuer, 1994).

Fig. 5 : Evaporite formations outcrops, oil wells and related faults (from Escuer, 1994).



Conclusiones

Como soporte a la futura zonación sistotectónica de Catalunya se presenta una zonación tectónica basada en datos fiables de geología y tectónica. Ésta integra los rasgos más representativos de la estructura cortical y de su estado de deformación. Los cinco temas específicos de estudios tratan de la estructuración del zócalo, del tipo de deformación de la cobertera sedimentaria, de la influencia de la tectónica neógena distensiva y de la presencia de evaporitas.

Las zonas definidas son homogéneas considerando los diferentes parámetros geológicos y tectónicos elegidos para su caracterización. Esos parámetros están directamente relacionados a las estructuras heredadas que pueden ser identificadas durante el próximo estudio (neotectónica, tectónica actual, campo de esfuerzos actual y tipo de deformación) como fuentes sismogénicas potenciales.

Referencias

Banda E. (1986): *Història Natural dels Països Catalans*, Vol. III, pp. 87-90.  
 Collier J.S., Buhl P., Torné M. and Watts A.B. (1994): *Geophys. J. Int.*, 118: 159-180.  
 Escuer J. (1994): *Informes del Servei Geològic de Catalunya*, GS04394, 41pp.  
 Escuer J.; Fleta J.; Goula X.; Olivera C.; Combes Ph.; Grellet B. y Granier Th. (1995): *Procs. 5th Int. Conf. on Seismic Zonation*, Vol. II, pp. 1530-1537.  
 Gallart J., Vidal N., Dañobeitia J.J., the ESCI-Valencia Trough Working Group (1994): *Tectonophysics*, 232: 59-75.  
 Grellet B., Combes Ph., Granier Th. et Philip H. (1993). *Mémoires de la Société Géologique de France*, n° 164 Vol. I: 76 pp; Vol. II: 24 pl, 1 carte.  
 Muñoz J.A. (1992). *Thrust Tectonics/Ed. by K.R. McClay*, pp. 235-254.  
 SGC (1989). *Servei Geològic de Catalunya*, Dept. Pol. Territ. i Obres Públiques. Generalitat de Catalunya.

Fig. 6 : Zonación tectónica. 1, Límite principal; 2, Límite secundario; 3, Límite de transición; 4, Dominio de transición. Ver tabla I para explicación.

Fig. 6.: Tectonic zonation. 1, Main boundary; 2, Secondary boundary; 3, Transition boundary; 4, Transition domain. See table I for explanation.