

Zonación sismotectónica del NO de la Península Ibérica

Seismotectonic zonation of the NW Iberian Peninsula

C. López-Fernández¹, J.A. Pulgar¹, J. Gallart², J.M. González-Cortina¹, J. Díaz² y M. Ruíz³

- 1 Dpto. Geología, Univ. Oviedo, C/ Arias de Velasco s/n 33005 Oviedo, lopezcarlos@uniovi.es, pulgar@geol.uniovi.es, jmgcorti@geol.uniovi.es
2 Dpto. de Geofísica, I. Jaume Almera, CSIC, C/ Lluís Solé i Sabarís s/n 08028 Barcelona, jgallart@ija.csic.es, jdiaz@ija.csic.es
3 Department of Marine Geosciences, UMR Géosciences Azur, BP. 48. 06235 Villefranche sur Mer, France, ruiz@geoazur.obs-vlfr.fr

Resumen: El NO de la Península Ibérica presenta una sismicidad baja a moderada dentro del contexto sismotectónico de la región euromediterránea. Desde 1995 se ha producido un significativo incremento de la misma, habiéndose desencadenado varias crisis sísmicas en la provincia de Lugo que culminaron con un terremoto principal de magnitud 5,3 en 1997. Entre 1999 y 2002 se llevó a cabo un amplio estudio de la microsismicidad local basado en la implantación de una red sísmica propia, siendo registrados más de 500 sismos. Éstos se distribuyen a lo largo de todo el noroeste peninsular incluyendo la plataforma continental, si bien, en su mayor parte, se concentran en la mitad meridional de Galicia así como en su extremo oriental, decreciendo hacia el occidente de Asturias y Cuenca del Duero. El reconocimiento y la caracterización de esta actividad reciente en relación con las distintas provincias tectónicas identificadas en la región NO ha permitido establecer en la misma una nueva zonación sismotectónica. Ésta incluye 5 grandes dominios con características estructurales uniformes y un comportamiento sísmico homogéneo: (I) S Galicia–N Portugal, (II) NO Galicia, (III) E Galicia–O Asturias (IV) Sector cantábrico y (V) Cuenca del Duero. Esta zonación, además de suponer un avance en el conocimiento sismotectónico regional, constituye el documento de partida para futuras estimaciones de la peligrosidad sísmica en esta zona.

Palabras clave: zonación sismotectónica, sismicidad, NO Península Ibérica.

Abstract: The northwestern part of the Iberian Peninsula shows a permanent seismicity of low to moderate magnitude within the seismotectonic context of the Euro-Mediterranean region. However, a significant increase of seismic activity has taken place since 1995. Several crises have occurred in Lugo province, with a main earthquake of magnitude 5.3 in 1997. A detailed study of the local seismicity was undertaken between 1999 and 2002, based on the deployment of a temporary network. More than 500 local earthquakes were recorded, with epicentres scattered irregularly over the NW Iberian Peninsula, including the continental platform. The highest concentration of events is located onshore the Atlantic margin, in the southern and eastern part of Galicia, decreasing progressively eastwards. The characterization of this recent activity in relation with the different identified tectonic provinces has allowed to establish a new seismotectonic zonation of the northwestern region. Our results allow to differentiate five main seismotectonic domains with similar structural characteristics and a homogenous seismic behavior. This zonation supposes an advance in the regional seismotectonic knowledge and constitutes the basic document for future seismic hazard estimation in this area.

Key words: seismotectonic zonation, seismicity, NW Iberian Peninsula.

INTRODUCCIÓN

El NO de la Península Ibérica presenta en la actualidad una sismicidad baja a moderada en el contexto sismotectónico general de la región euromediterránea. Desde 1995 se ha producido un significativo incremento de la misma, habiéndose desencadenado varias crisis sísmicas en la provincia de Lugo que culminaron con un terremoto principal de magnitud 5,3 en 1997, con epicentro al SO de Becerreá (Fig. 1). La mayor parte de los estudios sismotectónicos en España se han centrado principalmente en el análisis de las zonas con mayor actividad (sureste peninsular, Pirineos, etc.), siendo muy reducido el conocimiento de la sismicidad de la parte noroeste.

Entre 1999 y 2002 se llevó a cabo el estudio de la sismicidad local en esta región a partir de una red sísmica propia. Su objetivo ha sido conocer con detalle la distribución de la actividad actual y analizar su relación con las estructuras tectónicas, así como determinar el estado actual de esfuerzos en esta zona mediante la determinación de nuevos mecanismos focales. La integración de toda la información geológica, estructural y sísmica (actividad histórica e instrumental) existente, ha permitido establecer una zonación sismotectónica de la región NO. Así, fueron identificados diferentes dominios tectónicos con un comportamiento sísmico homogéneo (mismo tipo de deformación reciente, campo de estados semejante, estructura cortical uniforme, etc.).

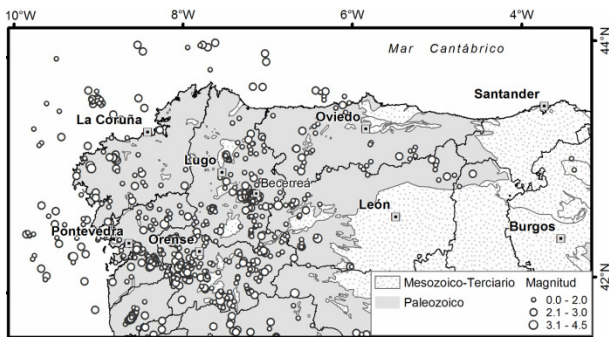


FIGURA 1. Sismicidad instrumental (1960-1999) en el NO de la Península Ibérica.

Los únicos trabajos anteriores realizados en este sentido corresponden a las zonificaciones sismogénicas realizadas para el cálculo del mapa oficial de peligrosidad sísmica -incluido en las normas de construcción sismorresistente NCSE-94 y NCSE-02- y el trabajo de Rueda y Mezcua (2001).

MARCO GEOLÓGICO Y SISMOTECTÓNICO

La actual configuración geológica del NO peninsular es el resultado de una compleja evolución marcada por la superposición de dos ciclos orogénicos: el Varisco y el Alpino. El Macizo Varisco (Fig. 1) está constituido en esta región por un conjunto de rocas paleozoicas desde el Precámbrico al Carbonífero superior, cuya estructura fue principalmente adquirida durante la Orogenia Varisca, si bien, durante el Ciclo Alpino se produjo el retoque de algunas estructuras y el levantamiento de la actual Cordillera Cantábrica (Alonso *et al.*, 1996).

La evolución geodinámica reciente de Iberia ha estado determinada por el contacto entre las placas Africana y Euroasiática. En la actualidad, el desplazamiento de la placa Africana hacia el NO provoca compresión a lo largo del contacto oceánico (Azores-Mar de Alborán) y colisión continental a lo largo del Arco de Gibraltar. Otra parte de la deformación se transmite al interior de la subplaca Ibérica, generando actividad en zonas como los Pirineos o el extremo NO. Estudios recientes (Herraiz *et al.*, 2000; Rueda y Mezcua, 2001) apuntan a una compresión general NO-SE en esta zona, que en el sector margen cantábrico toma una dirección más N-S. Consecuentemente, la sismicidad registrada en la Península Ibérica, que en general presenta una magnitud moderada, se concentra principalmente en el extremo SE y en la región pirenaica.

NUEVOS DATOS DE SISMICIDAD

Entre los años 1999 y 2002, en el marco de los proyectos GASPI y MARCONI, se llevó a cabo una importante campaña de adquisición de nuevos datos sísmicos en el NO peninsular mediante la implantación de una red sísmica temporal propia integrada por 18 sismógrafos portátiles (Fig. 2). El objetivo de esta campaña fue obtener nuevos y más precisos datos de sismicidad, especialmente en aquellas zonas más activas

y cubiertas más deficientemente por la red permanente. Disponer de un catálogo de sismicidad lo más amplio posible, y de unas determinaciones hipocentrales con suficiente calidad, son dos requisitos básicos en un estudio sismotectónico de detalle, dado que permiten identificar y establecer las relaciones entre la sismicidad registrada y las fuentes sismogénicas.

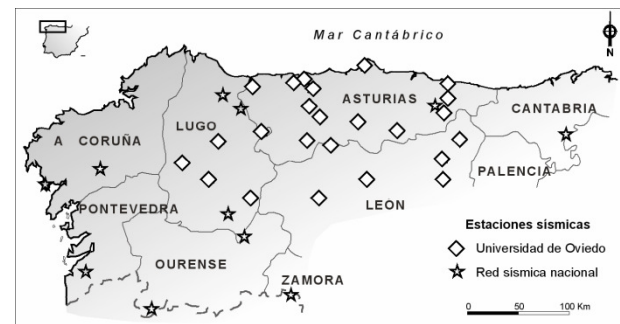


FIGURA 2. Red sísmica temporal desplegada en el NO entre 1999 y 2002.

En total, fueron registrados 510 sismos (con magnitudes entre 1,6 y 3,5) hecho que confirma la existencia de una importante actividad sísmica de baja magnitud en la región NO, poco conocida hasta la actualidad. Aproximadamente, la mitad de estos eventos no fueron detectados por la red sísmica oficial, lo que hace suponer que durante todo el periodo instrumental gran parte de la sismicidad de menor magnitud ha quedado fuera de su umbral de detección. Los errores estimados en la localización de los eventos no superan, en general, los 1-2 km en la componente horizontal y 2-3 km en la profundidad focal.

SISMICIDAD EN EL NO PENINSULAR

El análisis de los nuevos datos de sismicidad y del catálogo de actividad histórica e instrumental del IGN ha permitido obtener una imagen actualizada de la distribución de la actividad en el NO peninsular. En general, ésta se distribuye de modo disperso e irregular por toda la región, produciéndose una mayor concentración de eventos en la mitad meridional y parte más oriental de Galicia. Precisamente en la provincia de Lugo, al SO de Becerreá, se localiza el foco con mayor actividad de todo el norte peninsular. En el mismo se han ocasionado desde 1979 varias crisis sísmicas con una veintena de eventos de magnitud > 4, que culminaron con un sismo principal (21 mayo 1997) de magnitud m_b 5,3. Otras zonas con una actividad reseñable son el S de Ourense y SO de Pontevedra, siendo dispersa en el resto de la comunidad gallega. En el sector cantábrico la sismicidad se localiza preferentemente en la zona occidental asturiana y en la plataforma continental, frente a las costas de Lugo y Asturias. Hacia el S, coincidiendo con el borde meridional de la Cordillera Cantábrica, y hacia el E la sismicidad se reduce de forma significativa, siendo mínima en el extremo oriental asturiano y en la mitad oeste de Cantabria.

En general, las magnitudes observadas son moderadas a bajas, normalmente no superiores a 3,5, a excepción de los eventos de magnitud > 4 registrados en las crisis citadas. La actividad registrada es marcadamente superficial, localizada principalmente en los 12-14 primeros kilómetros, si bien se advierte una ligera profundización de los hipocentros desde Galicia hacia el sector cantábrico.

ZONACIÓN SISMOTECTÓNICA

El establecimiento de una zonación sismotectónica en regiones con una sismicidad moderada-baja y relativamente difusa, como es el caso del NO peninsular es ciertamente complicada. Se parte de una información geológica y sísmica de procedencia diversa y heterogénea. Asimismo, los criterios de trabajo (selección e integración de datos, representación gráfica, etc.) pueden ser muy arbitrarios, variando enormemente en función del autor y/o de los objetivos del estudio.

Siguiendo las pautas establecidas en otros trabajos de carácter nacional (IGME, 1983) e internacionales (Jiménez *et al.*, 2003), la metodología seguida en este caso comprendió dos fases de trabajo principales:

a) Recopilación de información previa y adquisición de nuevos datos base en torno a tres grandes temáticas:

- Estructuras heredadas: estado general de la deformación de cobertera y basamento.
- Tectónica reciente: indicadores estructurales y morfológicos de deformación reciente.
- Tectónica actual: sismicidad reciente y esfuerzos recientes.

b) Identificación de los dominios sismotectónicos, entendiendo como tales aquellas regiones con unas características tectónicas uniformes y un comportamiento sísmico homogéneo.

Finalmente, el reconocimiento y la caracterización de la actividad sísmica reciente en relación con las distintas provincias tectónicas identificadas en la región NO ha permitido establecer 5 grandes dominios (Fig. 3):

- El *Dominio I* comprende la parte meridional de Galicia y N de Portugal y correspondiente zona de la plataforma. La estructura cortical mantiene una estructura varisca con un espesor medio aproximado de 32 km. Se caracteriza por la presencia de importantes sistemas de fallas recientes con orientación NNE-SSO y N-S, que además cobijan diversas cuencas terciarias. La sismicidad -de baja magnitud y marcadamente superficial- se asocia a estas estructuras con orientación preferente N-S y NNE-SSO, con un predominio de los movimientos de tipo inverso-direccionales.

- El *Dominio II* incluye el extremo NO de Galicia. La estructura cortical mantiene unas características variscas, con un espesor medio de 26-30 km. Estructuralmente, destaca la presencia de fallas recientes NO-SE (N110-140) así como de otros sistemas de estructuras de menor entidad en dirección NE-SO.

Asociadas a ambos sistemas también aparecen numerosas cuencas cenozoicas de diferente entidad (Villalba, As Pontes, etc.). La sismicidad dentro de este dominio -asociada a las estructuras NO-SE- es reducida en número de eventos, si bien han sido catalogados instrumentalmente dos terremotos de magnitud superior a 4.

- El *Dominio III* abarca el cuadrante SE de Galicia, el suroccidente asturiano y extremo NO de León. La estructura cortical del mismo es típicamente varisca, con 30-34 km de espesor. Este dominio representa la zona de transición entre dos patrones estructurales diferentes: las estructuras N-S y NNE-SSO que se prolongan desde el N de Portugal dan paso a las fallas y cabalgamientos recientes con orientación NE-SO y E-O, más características del sector cantábrico. La mayor parte de la sismicidad actual del NO peninsular se concentra en este dominio, principalmente generada en el foco situado al SO de Becerreá (Lugo). En general, la actividad es muy superficial (< 10-12 km) y de baja a moderada magnitud. Las estructuras con orientación NNE-SSO y su intersección con las NE-SO y E-O son las que controlan principalmente la distribución de la sismicidad.

- El *Dominio IV* se extiende por el margen cantábrico. La estructura cortical es marcadamente alpina y se caracteriza por un fuerte engrosamiento (hasta 46-48 km) a la altura de la Cordillera Cantábrica y en la parte oriental de la Cuenca Vasco-cantábrica. La sismicidad aparece esencialmente relacionada con las estructuras recientes NO-SE en la plataforma, mientras que en tierra parece estar controlada por el rejuego de estructuras variscas previas (reapretamiento de pliegues, activación de estructuras E-O, etc.). Hacia el O de la falla de Ventaniella se produce una marcada disminución de la actividad, mínima al S del dominio (borde septentrional de la Cuenca del Duero). La profundidad de los focos alcanza los 20 km, lo que indica la existencia de fracturas que afectan a una parte importante de la corteza. Los mecanismos focales indican régimen compresivo general resuelto mediante movimientos actuales que oscilan entre una componente mayoritaria de desgarre e inversa.

- El *Dominio V* comprende el sector NO de la Cuenca del Duero quedando abierto hacia las zonas oriental y meridional. Su estructura cortical muestra una signatura típicamente varisca. Se trata de un dominio prácticamente asísmico, que únicamente muestra actividad en sus bordes, probablemente relacionada con estructuras alpinas con orientación E-O en el borde S de la Cordillera Cantábrica y NNE-SSO en el límite occidental del dominio.

La zonación sismotéctonica realizada ha pretendido constituir asimismo un documento de partida -que incluye información geológica y sísmica actualizada- necesario para llevar a cabo una nueva estimación de la peligrosidad sísmica en el NO peninsular.

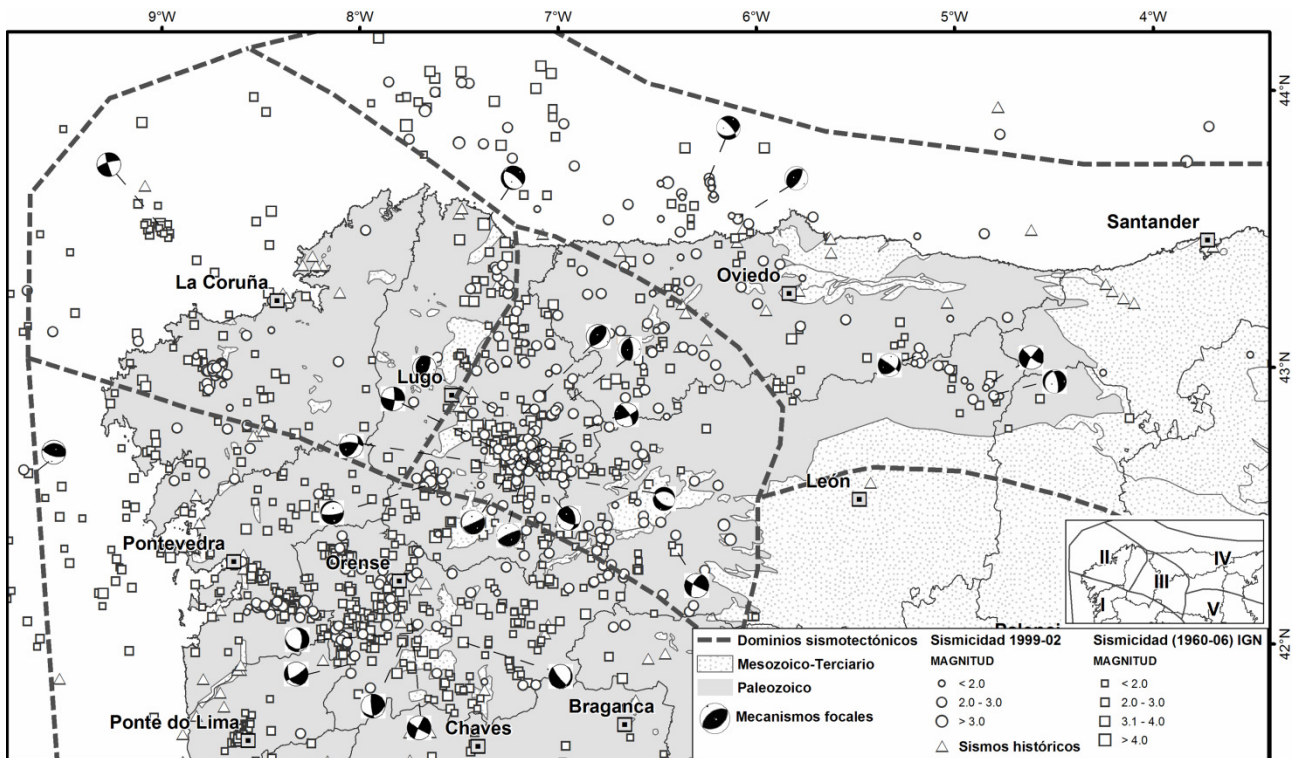


FIGURA 3. Zonación sismotectónica del NO de la Península Ibérica. Mecanismos focales tomados de Herraiz et al. (2000), Rueda y Mezcua (2001) y de López-Fdz. et al., (2004).

CONCLUSIONES

El estudio sismotectónico realizado (incluyendo la adquisición de nuevos datos sísmicos), ha permitido obtener una imagen precisa de la sismicidad actual en el NO peninsular. Ésta se distribuye a lo largo de toda la región y la plataforma continental, si bien se concentra en la mitad meridional y oriental de Galicia, decreciendo hacia el sector cantábrico y Cuenca del Duero. En general, se trata de una sismicidad de magnitud baja a moderada dentro del contexto regional, y marcadamente superficial (12-13 km).

La caracterización de esta sismicidad en relación con las distintas provincias tectónicas identificadas ha permitido establecer una nueva zonación sismotectónica que incluye 5 grandes dominios. En el *Dominio I* la actividad sísmica está controlada por los sistemas de fallas NNE-SSO y N-S con un predominio de movimientos actuales de desgarre. En el *Dom. II* la sismicidad es reducida, y parece relacionada con las estructuras NO-SE. El *Dom. III* muestra la mayor actividad de todo el noroeste. Estructuralmente, se caracteriza por la transición entre dos patrones tectónicos diferentes, confluyendo en él sistemas de fallas NNE-SSO y E-O. Este rasgo actúa como principal control de la sismicidad en esta zona. En el *Dom. IV* las principales estructuras activas muestran una orientación NO-SE, mostrando también actividad otras estructuras previas (reapretamiento de pliegues variscos, activación de fallas E-O, etc.). El *Dom. V* muestra una mínima actividad, localizada principalmente en sus bordes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos AMB98-1012-C02-02, REN2001-1734-CO3-02/MAR y CSD2006-0041 'Topo-Iberia' (CONSOLIDER-2010).

REFERENCIAS

- Alonso, J. L., Pulgar, J. A., García-Ramos, J. C. y Barba P. (1996): Tertiary basins and Alpine tectonics in the Cantabrian Mountain (NW Spain). En: *Tertiary basins of Spain* (P. Friend y C. Dabrio, eds.). Cambridge University Press, Cambridge, 19-22.
- Herraiz, M., De Vicente, G., Lindo-Ñaupari, R., Giner, J., Simón, J.L., González-Casado, J.M., Vadillo, O. Rodríguez-Pascua, M.A., Cicuéndez, J.I., Casas, A., Cabañas, L., Rincón, P., Cortés, A.L., Ramírez, M. and Lucini M. (2000): The recent (upper Miocene to Quaternary) and present tectonic stress distributions in the Iberian Peninsula. *Tectonics*, 19(4): 762-786.
- I.G.M.E. (1983): Mapa sismotectónico de España, hoja piloto Granada 1:100.000.
- Jiménez, M.J., Giardini, D. and Grünthal G. (2003): Unified hazard Model for the European-Mediterranean region. *EMSC Newsletter*, 19: 2-4.
- López-Fdz., C., Pulgar, J.A., Glez-Cortina, J.M. Gallart, J., Díaz, J. y Ruíz, M. (2004): Actividad Sísmica en el NO de la Península Ibérica observada por la red sísmica local del Proyecto GASPI. *Trabajos de Geología*, 24: 91-106.
- Rueda, J. y Mezcua J. (2001): Sismicidad, Sismotectónica y Peligrosidad Sísmica en Galicia. *Publicación Técnica nº 35*. IGN. 64.