

## Sismicidad de la Península Ibérica en el periodo instrumental: 1985-2011

### *The Iberian Peninsula seismicity for the instrumental period: 1985-2011*

EMILIO CARREÑO HERRERO Y JOSÉ F. VALERO ZORNOZA

Instituto Geográfico Nacional. c/General Ibañez Ibero, 3. 28003 Madrid. E-mail: echerrero@fomento.es

**Resumen** En el año 1985, el Instituto Geográfico Nacional instaló una red sísmica con instrumentación homogénea y señal de tiempo común. Esto supuso una mejora del registro de la sismicidad de la Península Ibérica. Este conocimiento se ha ido incrementando con cambios significativos, tanto en instrumentación como en métodos de análisis. Se presenta en este artículo la distribución geográfica de esa sismicidad, tanto en magnitud como en profundidad. La sismicidad en la península Ibérica es moderada, con sismos importantes de grandes periodos de retorno y su localización condicionada a las áreas de contacto de las placas Euroasiática y Africana. Destacan algunos sismos moderados de más de 500 km de profundidad.

**Palabras clave:** Sismicidad, terremoto, península Ibérica, red sísmica.

**Abstract** *Our knowledge of the seismicity of the Iberian Peninsula has been increasing since 1985, when a homogeneous real time seismic network was installed. With the incorporation of the Sonseca Seismic Array to the routine location process, the knowledge of the Peninsula seismicity has improved, resulting in a very complete catalogue. In this paper we present the geographical distribution of the regional seismicity as a function of the magnitude and depth of the events. The contact areas between European and African tectonic hold most of the epicentres. Also, several very deep seismic sources at more than 500 km are registered in the southern Iberian Peninsula.*

**Keywords:** *Seismicity, earthquake, Iberian peninsula, seismic network.*

## INTRODUCCIÓN

Las redes sísmicas están formadas por conjuntos de estaciones sísmicas (sismógrafos) que pertenecen a una o varias instituciones, cuya función es controlar la sismicidad de las diferentes partes del mundo. Así las redes pueden ser mundiales, regionales o locales según el área que estudian. El objetivo de estas redes es la obtención de las coordenadas espaciales y temporales de los terremotos, así como su magnitud. Gracias a estas redes es posible determinar rápidamente el hipocentro de los terremotos, su magnitud y la región que ha podido afectar.

A nivel mundial, entre otras, están la europea, denominada Centre Sismologique Euro-Mediterranéen (CSEM, <http://www.emsc-csem.org>), de la que el Instituto Geográfico Nacional junto con el Laboratoire de Detection Geofisque de Francia constituyen los dos nodos principales, o la del U.S. Geological

Survey, en Estados Unidos (<http://wwwneic.cr.usgs.gov/>). En el caso particular de España la sismicidad está controlada por la red del Instituto Geográfico Nacional (<http://www.ign.es>), en la que se centrará principalmente este artículo. Además de esta red, en nuestro país existen otras redes locales o regionales como la Xarxa Sísmica de Catalunya dirigida por el Institut Geològic de Catalunya (<http://www.igc.cat>), la de Andalucía, controlada por el Instituto Andaluz de Geofísica (IAG) (<http://www.ugr.es/~iag/divulgacion/boletines/actual.html>), o incluso redes provinciales como la Unidad de Registro Sísmico de la Universidad de Alicante (URSUA) (<http://www.ua.es/ursua>) que analiza la actividad sísmica en la zona meridional de esta provincia.

Aunque existe instrumentación sísmica en España desde finales del siglo XIX, no es hasta el año 1985 cuando se dispuso de una verdadera red sísmica homogénea, capaz de controlar la sismicidad de

la península Ibérica. Hasta ese año, la información sísmica se nutría de los sismos históricos y de los localizados a partir de los registros de observatorios sismológicos como el Observatorio de Toledo, el Observatorio Fabra en Barcelona, el Observatorio del Ebro (Tortosa, Tarragona) o el Observatorio de San Fernando (Cádiz), entre otros. En el periodo de registro comprendido entre 1985 y 2011, con el aumento del número y precisión de eventos localizados para todas las magnitudes, se pueden acotar con gran precisión las zonas más activas y comprobar su consistencia con las teorías actuales sobre la tectónica global de la península Ibérica. No hay cambios significativos en la sismicidad global, que ya venía marcada por los grandes sismos históricos, pero si podemos comprobar que algunos sismos históricos de localización dudosa, por su ocurrencia en zonas de baja o nula sismicidad, pueden tener su justificación sismotectónica. Todo ello debe estudiarse desde la perspectiva de la evolución de la instrumentación y los métodos de análisis.

### RED SÍSMICA DEL INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL EN EL PERIODO DE 1985 A 2011

La configuración de la red sísmica del Instituto Geográfico Nacional, tal y como actualmente la conocemos, no ha sido homogénea desde 1985, sino que ha sufrido cambios a medida que la tecnología ha ido avanzando. Así podemos hablar de dos épocas: la época de adquisición analógica, comprendida entre 1985 y 2000, y la época de adquisición digital, que va del año 2000 hasta la actualidad.

*Sismómetros de corto período:* Se caracterizan por tener una frecuencia natural en torno a 1Hz. Pueden ser idóneos para localizar eventos de pequeña magnitud y muy próximos. Su inconveniente principal es que alcanzan pronto la saturación.

*Sismómetros de banda ancha:* Su frecuencia natural cubre desde los 0,01Hz hasta los 100Hz. Aunque pueden tener un rango dinámico muy elevado, para sismos próximos de magnitudes superiores a 6,5, se pueden saturar. Son ideales para poder obtener datos característicos de la fuente sísmica.

#### Época de adquisición analógica

En el año 1985 se instalaron en la Península Ibérica ocho estaciones sísmicas de adquisición analógica, de igual respuesta, rango dinámico y tiempo común. Eran estaciones de corto periodo y componente vertical, con transmisión de datos en tiempo real por vía telefónica al centro de recepción en la sede central del Instituto Geográfico Nacional (IGN). La primera estación analógica telemétrica se había instalado en Guadarrama (Madrid) en el año 1979. Por sus características de instalaciones permanentes, base de datos común, idéntico método de análisis y cálculo y cobertura espacial regional,

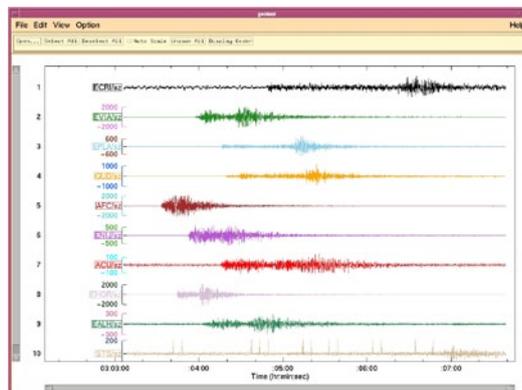


Fig. 1. Sismo de 20 de octubre de 1986 de magnitud 3,9 e intensidad V, con epicentro en Loja (Granada). Es uno de los primeros sismos analógicos convertidos en digital de la RSN.

se puede considerar una red sísmica que permitía desempeñar la función de red de respuesta rápida y de seguimiento de la actividad sísmica para conocer la sismicidad del área de interés regional.

A partir de esa fecha se continuó con la instalación de estaciones de iguales características hasta formar una red homogénea con una distribución geográfica que permitía la localización de eventos en toda el área Ibero-Mogrebí con unos límites de sensibilidad por magnitud que fueron aumentando a la vez que lo hacía el número de estaciones. Los primeros sismos analógicos convertidos a digitales y disponibles en la base de datos del IGN corresponden al año 1986 (Fig. 1). Una descripción de la instrumentación de las estaciones analógicas y de las funciones de transferencia en cada caso, se puede encontrar en Tejedor y García (1993) y Mezcua (1995).

A partir del año 1999, comienza la instalación de estaciones digitales de banda ancha. Debido a la mala calidad del registro analógico, generalmente por ruido cultural o por problemas de telemetría, se produce el cese en la adquisición de datos de todas las estaciones analógicas. En la figura 2 se repre-

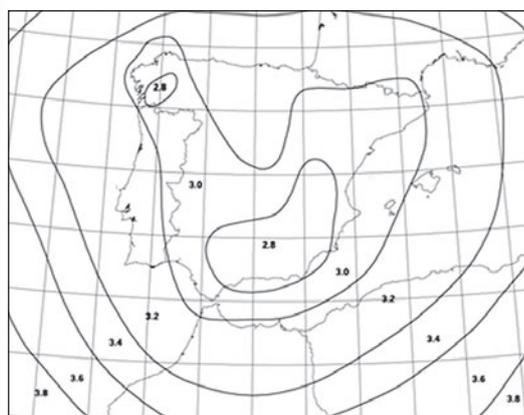


Fig. 2. Nivel de sensibilidad de magnitudes de la red sísmica analógica en 1995. Las líneas engloban el mínimo nivel de magnitud detectable con seguridad en el área y cuyo valor viene indicado mediante un número (Mezcua, 1995).

senta el nivel de detección teórico de la red sísmica en orden de magnitudes, tomado de Mezcua (1995), cuando toda la red era de adquisición analógica y corto período. En esta figura se tuvieron en cuenta solamente las estaciones que proporcionaban datos en tiempo real. Este nivel se mejoraba incluyendo los datos procedentes de estaciones de interrogación y datos auxiliares procedentes de otras agencias, así como nuevas estaciones que se fueron incorporando a la red analógica a través de los años.

Quedan fuera del área de estudio en el presente trabajo las islas Canarias. Constituyen un caso especial por su complejidad en la detección y localización de eventos y por las dificultades de transmisión de datos mediante enlaces telefónicos.

### Época de adquisición digital

A partir del año 2000 se instalaron estaciones digitales de banda ancha y tres componentes, siendo en la actualidad cuarenta y una las que se hallan en funcionamiento. En la figura 3 se muestra la distribución actual de estaciones en territorio nacional. Información sobre las características generales de las mismas se puede encontrar en la página web del Instituto Geográfico Nacional (<http://www.ign.es>).

El incremento de detección actual, aunque es general en toda el área, es más significativo en Andalucía y norte peninsular. Es también significativo en Pirineos y Navarra debido a la instalación de una red de control de sismicidad inducida en colaboración con la Confederación Hidrográfica del Ebro en torno a los embalses de Yesa y de Itoiz y debido también a la participación en un proyecto interregional para Pirineos, con Francia y Andorra.

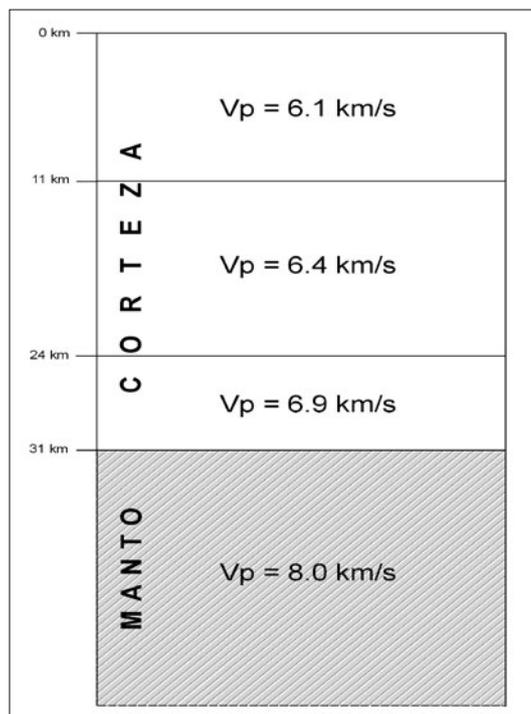


Fig. 4. Modelo de velocidades utilizado en el cálculo hipocentral para la península.



### Modelos de velocidad del cálculo de parámetros focales

El modelo de velocidad utilizado en la localización epicentral en la red sísmica desde el año 1985, no ha variado hasta la actualidad. Para toda la zona próxima a la Península Ibérica se ha utilizado un modelo continental. Se trata de un modelo de capas planas paralelas de velocidad constante en la corteza y con relación  $V_p/V_s$  fija de 1,75. No incluye capa superficial de sedimentos (Fig. 4).

### Procedimientos de análisis

Desde 1985 la localización hipocentral de los terremotos se ha realizado a través de varios *software* que han ido mejorando progresivamente la precisión en los cálculos. Se ha utilizado para el cálculo el *array* de Sonseca (Fig. 5).

El *array* de Sonseca (Toledo) fue originalmente establecido en 1958 por las Fuerzas Aéreas de los Estados Unidos de América (Air Force Technical Application Center, AFTAC). Esta estación formaba parte de una red de estaciones sísmicas diseñadas

Fig. 3. Red sísmica de alerta del Instituto Geográfico Nacional que incluye recepción de datos procedentes de estaciones sísmicas de otras instituciones del país, como son, del Institut Geologic de Catalunya, el Instituto Andaluz de Geofísica, la Universidad de Alicante, el Real Observatorio de la Armada, la Universidad Complutense de Madrid y de centros extranjeros de Portugal y Argelia.



Fig. 5. Sala de análisis del Centro Sismológico de Sonseca (IGN).

a nivel mundial con el propósito de registrar y analizar señales sísmicas que pudieran provenir tanto de terremotos como de fuentes no naturales, y así realizar una vigilancia y localización de la ocurrencia de explosiones nucleares.

La estación de Sonseca respecto al diseño de su instrumentación se la puede clasificar como de un *array* telosísmico. Está formada por 19 sensores sísmicos de corto periodo y componente vertical, distribuidos en un área de unos 80 km<sup>2</sup> con una apertura de 10 km y un diseño en forma de hélice irregular. Además posee una estación central de banda ancha de tres componentes, y un *array* de largo periodo de tres componentes formado por 6 elementos que cubren un área aproximada de unos 1000 km<sup>2</sup> y tiene una apertura de unos 25 km. Todas las estaciones son digitales.

El sistema automatizado realiza una labor de asociación de fases que permite la localización en superficie, tanto de eventos regionales como de sismos lejanos; estimando de manera automática la magnitud. Posteriormente, una vez confirmado por el técnico analista el evento (el proceso completo dura aproximadamente 7 minutos), se adquieren datos procedentes de las estaciones de interrogación, las cuales no transmiten en tiempo real, sino bajo demanda, y se relocaliza el hipocentro manualmente, consiguiendo de este modo mejorar la precisión de la solución.

Las técnicas de análisis rutinarias incluyen el filtrado, el análisis de polarización, el análisis F-K y *beam-forming*, el uso de diferentes modelos de Tierra y tablas de atenuación, así como el estudio espectral de las señales, de gran utilidad en el diseño de filtros.

En la actualidad para la detección, localización y análisis de sismos próximos se utiliza el *software* de la empresa norteamericana Science Applications International Corporation (SAIC) y el programa de localización hipocentral se denomina Evloc. Todos los datos paramétricos y de forma de onda se almacenan en una base de datos ORACLE. El programa de análisis interactivo manual al que hacíamos referencia se denomina Analyst Review System (ARS).

Para los sismos lejanos se ha incorporado el *software* de análisis desarrollado por GeoForschungsZentrum de Potsdam (Alemania) (GFZ), denominado Seis-Comp3 que es un *software* que constituye el módulo de procesamiento de datos dentro de un sistema de vigilancia sísmica. Entre sus funciones están la adquisición en tiempo real de las señales sísmicas procedentes de los diversos sismómetros, la evaluación de la calidad de estas señales, la creación de un banco de datos, la localización y caracterización automática de los terremotos en tiempo real y generación de alertas, la interfaz para la caracterización manual de los terremotos, y la generación de una base de datos con los datos paramétricos de estos eventos.

## SISMICIDAD DE LA PENÍNSULA IBÉRICA ENTRE 1985 Y 2011

En las figuras 6, 7 y 8, se han representado respectivamente los terremotos por profundidades: los superficiales hasta 30 km, los comprendidos entre 30 y 200 km y, finalmente, los sismos de profundidad superior a 200 km.

Queda en evidencia el origen de la sismicidad de la Península Ibérica como consecuencia de su situación en el borde de las placas Africana y Euroasiática, destacando como zona más activa la Cordillera Bética y el norte de Marruecos. También queda reflejada una importante sismicidad en las figuras anteriores en Pirineos y en Galicia. En este último caso se aprecia su prolongación en el Atlántico. También se observan otras importantes franjas de sismicidad, como son las situadas en la dirección NW-SE entre Cantabria y sur de Valencia y la que existe en dirección SE-NW en línea aproximada de Córdoba-Lisboa con prolongación en el Atlántico. Todas estas direcciones en que se proyecta la sismicidad son perpendiculares, como cabe suponer al estado general de esfuerzos en la península con una dirección principal de compresión NW-SE.

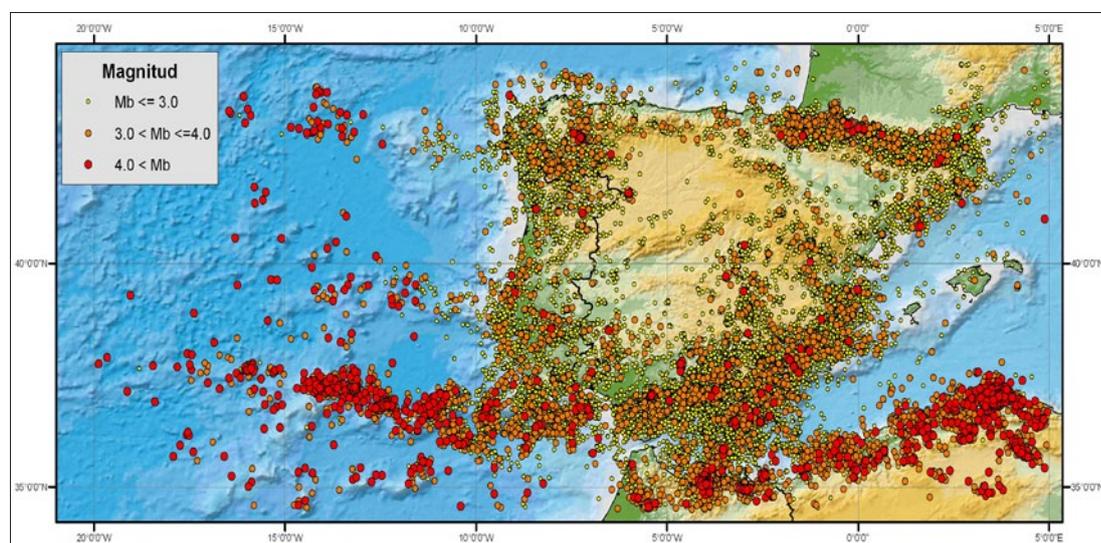


Fig 6. (arriba) Sismicidad de la península Ibérica y áreas adyacentes de sismos con profundidad hipocentral menor o igual a 30 km.

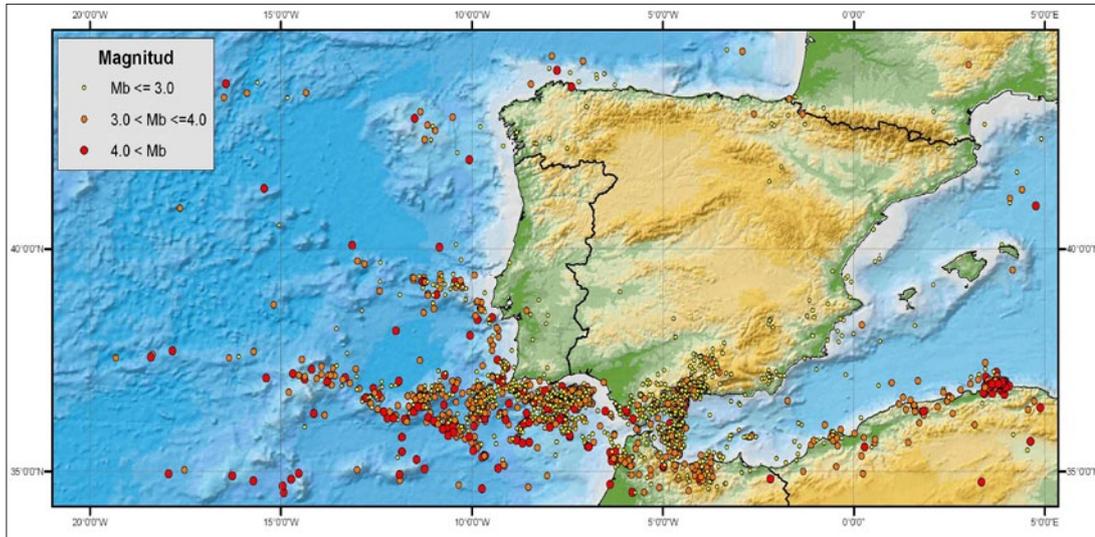


Fig. 7. Sismicidad de la península Ibérica y áreas adyacentes de sismos con profundidad hipocentral comprendida entre 30 km y 200 km.

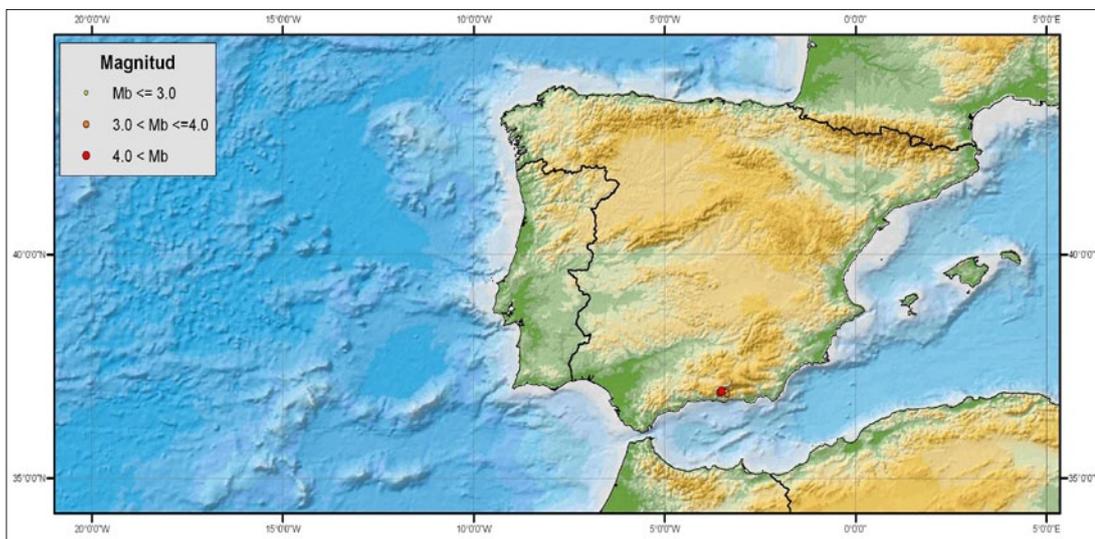


Fig. 8. Sismicidad de la península Ibérica y áreas adyacentes de sismos con profundidad hipocentral mayor de 200 km. Esta sismicidad está localizada al sur de Granada.

En cuanto a la distribución por profundidades, destaca la concentración de sismos con profundidad comprendida entre 30 y 200 km en el sur peninsular y en la línea Atlántica desde Lisboa en dirección SE-NW. Igualmente el caso notable que se observa en estas profundidades es la franja NE-SW en el mar de Alborán, próxima al Estrecho de Gibraltar.

Con la precisión de la actual red sísmica han sido localizados epicentros en zonas del interior peninsular en las que en algunos casos ya aparecían en el catálogo histórico sismos pero con una ubicación dudosa. Esto muestra una sismicidad de tipo intraplaca. En Capote et al. (2011), en este mismo volumen, se ofrece una explicación geodinámica de las principales fallas responsables de esta sismicidad.

La evolución de la sismicidad en lo que se refiere al número de terremotos para las diferentes magnitudes, pero con especial reflejo en las menores de 3,0, ha venido condicionada por la ocurrencia de series sísmicas, por el método de cálculo hipocentral, por el número de estaciones y por el nivel de sensibilidad de la red en magnitud.

El número de estaciones que intervienen en los cálculos cambió significativamente en 1991 con la incorporación del array sísmico de Sonseca (Toledo) (Carreño et al., 2001) en el cálculo hipocentral y en 2000 con la incorporación de estaciones sísmicas digitales de banda ancha con adquisición en tiempo real. En la figura 9 se muestra el ligero aumento que

Fig. 9. Evolución de la sismicidad para la península Ibérica. Se representa el número de sismos para cada año con magnitud mayor de 4,0, considerando que esa magnitud es registrada independientemente de la completitud de la instrumentación.

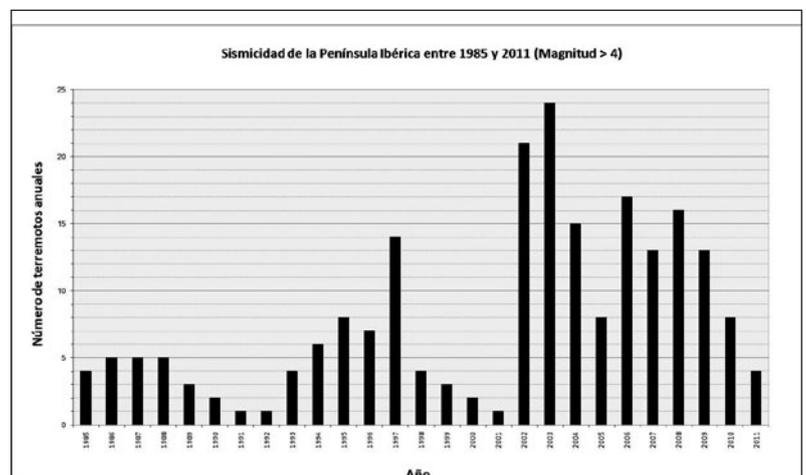


Tabla I. Series sísmicas más significativas registradas por la red sísmica desde 1985, año del establecimiento de la red sísmica analógica hasta el 12 de diciembre de 2011, registradas en la península Ibérica.

AÑO	SERIE SÍSMICA SIGNIFICATIVA	MÁXIMA MAGNITUD
1985	Espejo (Córdoba)	5.1
1989	Ayamonte (Huelva)	5.0
1993	Berja (Almería)	5.0
1996	Saint-Paul-de-Fenouillet (Francia)	5.0
1997	Triacastela (Lugo)	5.1
1998	Lizarraga (Navarra)	5.2
2002	Bullas (Murcia)	5.0
2004	Golfo de Cádiz	5.0
2006	Golfo de Cádiz	5.1
2009	Cabo de San Vicente	5.0
2010	Lección (Granada)	6.2
2011	Lorca (Murcia)	5.1

ha experimentado la magnitud de los terremotos registrados en la Península a partir del año 2002, habiéndose representado los sismos de magnitud superior a 4,0, considerando que a partir de ese nivel queda reflejada la sismicidad independientemente de la instrumentación.

Si bien a lo largo de estos años se han producido series de mayor o menor duración, nivel de magnitudes y número de sismos, cabe destacar las que se reflejan en la tabla I, no por el número de eventos, sino por venir asociadas a un sismo considerado principal de magnitud mayor o igual a 5,0.

De todas estas series cabe destacar la de Lorca (Murcia) de 2011. Como consecuencia del terremoto principal de la serie, de magnitud 5,1, fallecieron nueve personas y ha supuesto una gran cantidad de daños económicos. Este sismo produjo una elevada aceleración en la zona epicentral que alcanzó 0,36g en el acelerógrafo que el Instituto Geográfico Nacional tiene situado en el casco histórico de Lorca. La atenuación de la aceleración fue muy grande. La proximidad a la ciudad de la falla causante del sismo, la poca profundidad y la directividad del movimiento fueron posiblemente la causa de un número de daños desproporcionado a la magnitud alcanzada. Este caso, similar a los sismos de L'Aquila (Italia) en abril de 2009 y al de Christchurch (Nueva Zelanda) en 2011, pone de manifiesto la necesidad de contemplar la proximidad de fallas activas someras a núcleos de población que, con moderadas magnitudes, pueden originar altas aceleraciones puntuales.

Otra serie que conviene destacar es la producida en 2011 en la isla de El Hierro. A mediados del mes de julio la naturaleza nos sorprendió con algo poco habitual en nuestro país: comenzaron a registrarse en la Red Sísmica Nacional pequeños sismos con epicentro en la isla canaria de El Hierro. Los terremotos, con apariencia en principio tectó-

nica, parecidos a los que se producen en la Península, tenían su foco a la profundidad de la base de la corteza oceánica en Canarias, es decir, a unos veinte kilómetros. Se iban desplazando a lo largo de un eje norte-sur, unas veces en tierra y otras en el mar. En los registros sísmicos del movimiento del interior de la Tierra, lo que en principio parecía una perturbación de la señal por la influencia del mar, se fue rápidamente identificando como el denominado "tremor volcánico". La Red de Vigilancia Volcánica del Instituto Geográfico Nacional anunció que se trataba de una auténtica actividad volcánica en Canarias. La señal que indicaba un movimiento de fluido del interior de la Tierra, nos señalaba la actividad errante del magma viscoso y a gran temperatura, que buscaba una salida a la superficie. Finalmente, tras registrarse más de once mil sismos, el día diez de octubre aumentó la magnitud de los eventos, permitiendo probablemente abrir la brecha idónea para que se produjera el ascenso del magma hasta el fondo marino en las proximidades de la costa de La Restinga. El día cinco de noviembre, en la superficie del mar se pudo ver claramente desde la costa el proceso eruptivo con emisiones de gases y material volcánico. Detalles de la erupción volcánica se pueden consultar en Carracedo et al. (2011). El volcán continuó expulsando material volcánico al mar a 1800 m de la costa y a una profundidad de 130 m. El tremor volcánico ha disminuido considerablemente y han aumentado en cambio los terremotos de muy baja magnitud. Esto puede deberse posiblemente a un menor aporte de magma desde el manto o a un taponamiento de la boca de expulsión de material magmático.

## SERVICIO DE INFORMACIÓN SÍSMICA

El Instituto Geográfico Nacional dispone, en su página web, de un Servicio de información Sísmica (<http://www.ign.es/ign/layout/sismo.do>), que ofrece abundante información clasificada en varios apartados (último terremoto, último Tensor Momento Sísmico, listado terremotos últimos diez días, terremotos sentidos de los últimos treinta días, terremotos significativos del último año, terremotos mundiales, obtención de datos sísmicos, estaciones sísmicas, publicaciones y boletines sísmicos, estadísticas y cartografía sísmica).

Entre esta información destacan por ejemplo el apartado *Listado terremotos últimos diez días* que ofrece casi en tiempo real un listado de los principales terremotos que están ocurriendo en la península Ibérica y alrededores, y en las islas Canarias, o el de *Terremotos significativos del último año*. En el apartado *Obtención de datos sísmicos* se puede consultar información muy variada como el catálogo de tsunamis de las costas españolas. En el apartado

*Publicaciones y boletines sísmicos* existe un amplio listado de ficheros pdf de acceso libre y gratuito sobre informes sísmicos de diferentes sectores de la península Ibérica o sobre terremotos significativos (p.e., la comarca sísmica del Bajo Segura, Alicante, de A. Rey Pastor, 1943; el catálogo general de isosistas de la península Ibérica; sismicidad histórica del Reino de Granada: 1487-1531; catálogo sísmico de la península Ibérica (880 a.C.-1900) de Martínez Solares y Mezcua, 2002; memoria de los estragos del terremoto de 21 de marzo de 1829; el terremoto de Andalucía de 25 de diciembre de 1884 o los efectos en España del terremoto de Lisboa (1 de noviembre de 1755) de Martínez Solares, entre otros. En el último apartado, el de *Estadísticas y cartografía sísmica*, existen tres subapartados (mapas de sismicidad, terremotos más importantes en España y terremotos más importantes en el mundo). En el primero de los subapartados, se pueden descargar varios mapas como uno general de la sismicidad de la península Ibérica, otro con terremotos con una profundidad <10 km, con profundidad entre 10 y 50 km, y con profundidad >50 km. También se encuentran dos mapas de peligrosidad sísmica, uno basado en valores de intensidad y otro en valores de aceleración.

Además, existe un enlace a varios informes sobre el terremoto de Lorca de 2011. Este tipo de informes probablemente serán habituales en el futuro cuando se produzcan terremotos tan significativos como éste.

Finalmente, en la sección *Noticias* se ha publicado recientemente un enlace sobre sismicidad histórica (<http://www.o2.ign.es/ign/layoutIn/bd-macrosismica.do>) en el que se pueden consultar los principales terremotos históricos ocurridos en nuestro territorio.

## CONSIDERACIONES FINALES

Los estudios de sismicidad en la península Ibérica muestran una actividad asociada directamente con el contacto de las placas tectónicas Africana y Euroasiática. La mayor parte de los sismos son superficiales, si bien existen casos de sismos en el sur peninsular de profundidad superior a los 500 km y que presentan un gran interés científico.

Los grandes periodos de retorno para los sismos de mayores magnitudes son consecuencia del movimiento relativamente lento de las placas tectónicas, de entre 4 y 5 mm/año de convergencia. Esto hace que se precisen muchos años para que se acumulen los esfuerzos necesarios para poder producir una ruptura lo suficientemente grande como para origi-

nar un sismo de magnitud en torno a 7,0, que sería posiblemente la máxima magnitud que previsiblemente se registraría en la península Ibérica.

Los terremotos registrados en la falla de Alhama de Murcia en los últimos años, y especialmente el sismo de Lorca de mayo de 2011, dejan claro la importancia que tienen factores como la proximidad a la falla o la directividad del movimiento frente a la magnitud, pues con magnitudes relativamente moderadas, se pueden producir grandes daños. Esto, de alguna manera lo tienen que resolver futuras normas de construcción sismorresistente.

## BIBLIOGRAFÍA

Buland, R. (1986). Uniform reduction error analysis. *Bull. Seismo. Soc. Amer.*, 76, 217-230.

Buland, R. (1993). The United States National Seismograph Network, *EOS Trans. Amer. Geophys. Union.*, 136-137.

Capote, R., Estévez, A., Santanach, P., Sanz de Galdeano, C. y Simón, J.L. (2011). ¿Dónde y por qué se producen terremotos en la Península Ibérica? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.3, 317-329.

Carracedo, J.C., Rodríguez-González, A., Pérez-Torrado, F.J. y Fernández-Turiel, J.L. (2011). Crisis sísmica de 2011 en el Hierro: ¿Crónica de una erupción anunciada? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.2, 216-219.

Carreño, E., López, C., Villamayor, A., Gracia, F., Alonso, A. y E. Ruíz (2001). Estación Sísmica de Sonseca. Descripción general. En: *El Riesgo Madrid, sísmico. Prevención y Seguro. Consorcio de Compensación de Seguros y Universidad Complutense*, 163-177.

Cloetingh, S., Burov, E., F. Beekman, B. Andeweg, P.A.M. Andriessen, D. García-Castellanos, G. De Vicente y R. Vegas. (2002). *Lithospheric folding in Iberia. Tectonics*, 21, 5, 1041.

Masana, E., Rodríguez-Pascua, M.A. y Martínez-Díaz, J.J. (2011). Los paleoterremotos: estudiando el pasado para entender el futuro. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.3, 305-316.

Mezcua, J. (1995). Fundamentos de la red sísmica de España. En: *Mezcua, J. (ed). Redes sísmicas regionales. Instituto Geográfico Nacional Monografía nº 11*. Madrid, pp. 63-86.

Rueda, J. (1995). Análisis y procesamiento de datos en la red sísmica nacional. *En Redes Sísmicas Regionales. Monografía nº 11, Instituto Geográfico Nacional. Madrid*, pp. 87-111.

Tejedor, J.M. y O. García (1993). *Funciones de transferencia de las estaciones de la red sísmica nacional*. Instituto Geográfico Nacional. Madrid, 82 p. ■

*Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 7 de septiembre de 2011 y aceptado definitivamente para su publicación el 10 de octubre de 2011.*